Ente Nazionale per l'Aviazione Civile

AEROPORTO CIVILE DI LAMEZIA TERME (CZ)

LOTTO L1 - Sviluppo aerostazione passeggeri
CUP: H84G22000030009
LOTTO L2 - Interventi per la security e la digitalizzazione
CUP: H86I22000390002
LOTTO L6 - Potenziamento delle reti di sottoservizi e impianti tecnologici
CUP: H84G22000060009

PROGETTO ESECUTIVO

LOTTO L1

POLO TECNOLOGICO – CENTRALE TECNOLOGICA
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE Raggruppamento Temporaneo di Professionisti	Direttore Tecnico e Responsabile integrazione prestazioni specialistiche: ing. Filippo Busola Geologia: dott. Emanuele. Fresia Progettazione idraulica: ing. A. Cacciatori Project Manager: ing. Emanuela Perina CSP: arch. Elisabeth Foroni	Direttore Tecnico: ing. Giambattista Parietti Progettazione Specialistica Impianti: ing. M. Bergami ing. D. Togni ing. E. Facchinetti
Direttore tecnico: Ing. Aeronaut. Carlos Berenguer López Responsabile sistemi di trasporto: Ing. Pedro Tena Calderón	Direttore tecnico: arch. E. Valle Progettazione architettonica: arch. Maria Camilla Valle arch. Leonardo Giovannozzi	Direttore tecnico e progettazione strutturale: ing. Gianluca Vallerini Coordinatore progettazione strutture: ing. Matteo Pagnozzi

CODICE ELABORATO								REVISIONE		
Fase	Lotto	Ambito	Discip	Tipo	Num	Rev	Scala	Id.	Data	Descrizione
E	L1	03	STR	RE	02	B	--	A	FEBBRAIO 2025	Emissione
								B	MAGGIO 2025	Recepimento indicazioni Ente di Verifica
								C		
								D		
NOME FILE	AI015P-E-L1-03-STR-RE-02-B							REDAZIONE		Ing. M. Pagnozzi

Visto del Committente: **Società Aeroportuale Calabrese S.p.A.**

INTERVENTO FACENTE PARTE DEL Contratto Istituzionale di Sviluppo "CIS VOLARE"	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Ferdinando Saracco	IL POST HOLDER DI AREA: OPERATIONAL SERVICES MANAGER: Emilio Parrilla PASSENGER EXPERIENCE MANAGER: Sabrina Mileto PH PROGETTAZIONE: Ferdinando Saracco

Approvazione **ENAC**:

INDICE

1. PREMESSA 5
1.1. Descrizione delle strutture 6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7
3. MATERIALI 8
3.1. Cemento Armato 8
3.1.1. Classe di esposizione e copriferro minimo 8
3.1.2. Platea di fondazione e fondazioni in generale 14
3.1.3. Strutture in elevazione (travi, pilastri, getti di completamento) 14
3.2. Acciaio per carpenteria metallica 15
3.2.1. Classe di esecuzione per opere in carpenteria metallica 15
3.2.2. Strutture in elevazione 16
3.2.3. Elementi di collegamento 17
4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 18
4.1. Vita nominale di progetto 18
4.2. Classe d'uso 18
4.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica 18
4.4. Limiti di deformazione verticale 19
5. AZIONI VARIABILI SULLE STRUTTURE 20
5.1. Azione della neve 20
5.2. Azione del vento 22
5.3. Azione del sisma 23
5.4. Azione della temperatura 25
5.5. Combinazioni delle azioni 26
6. ANALISI DEI CARICHI 28
6.1. Pesi permanenti strutturali 28
6.2. Pesi permanenti non strutturali 28
6.3. Sovraccarichi 28
6.4. Carichi solaio di superfice 28
7. DESCRIZIONE MODELLO E IPOTESI DI CALCOLO 31
7.1. Software di calcolo 31
7.1. Interazione terreno-struttura 32
7.2. Modello di calcolo 32
7.3. Rigidezza di impalcato 33
7.4. Modi di vibrare 33
8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA 35
8.1. Verifica di regolarità in pianta 35
8.2. Verifica di regolarità in elevazione 35
8.3. Classe di duttilità 36
8.4. Tipologia strutturale 36
8.5. Fattore di comportamento 37
8.6. Spettri di progetto orizzontali 38
9. RISULTATI DI CALCOLO 39
9.1. Sollecitazioni 39
9.2. Spostamenti 41
10. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTAZIONE DEI RISULTATI 43

10.1. Sforzo normale su colonna 43
10.2. Taglio totale alla base 45
11. VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI 46
11.1. Solaio tipo predalles 46
11.2. Travi Copertura 52
11.3. Pilastri 30x60 cm 61
11.4. Pilastri 30x50 cm 68
11.5. Platea di fondazione 75
12. VERIFICHE DI DEFORMABILITA' 78
12.1. Verifica spostamenti di interpiano 78
12.2. Verifica distanza tra costruzioni contigue 80

1. PREMESSA

Il seguente documento rappresenta la relazione di calcolo strutturale delle sovrastrutture e delle fondazioni relative alla fase esecutiva di progettazione presso l'aeroporto internazionale di Lamezia Terme (Intervento **L1** "Sviluppo aerostazione passeggeri", intervento **L2** "Interventi per la security e la digitalizzazione dell'aerostazione passeggeri" e intervento **L6** "Potenziamento reti sottoservizi e impianti tecnologici").

Le strutture oggetto di questo documento sono quelle indicate nell'ambito 3 della keymap riportata in seguito, e nello specifico riguardanti l'edificio centrale tecnologica:

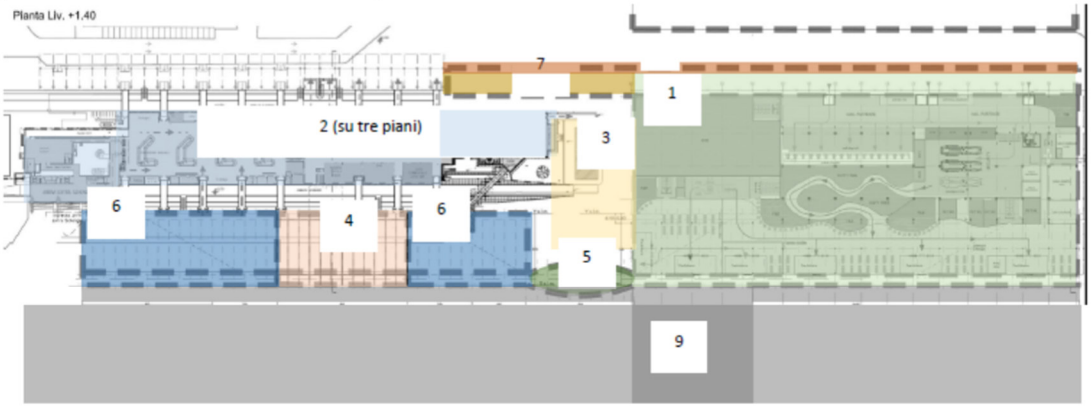
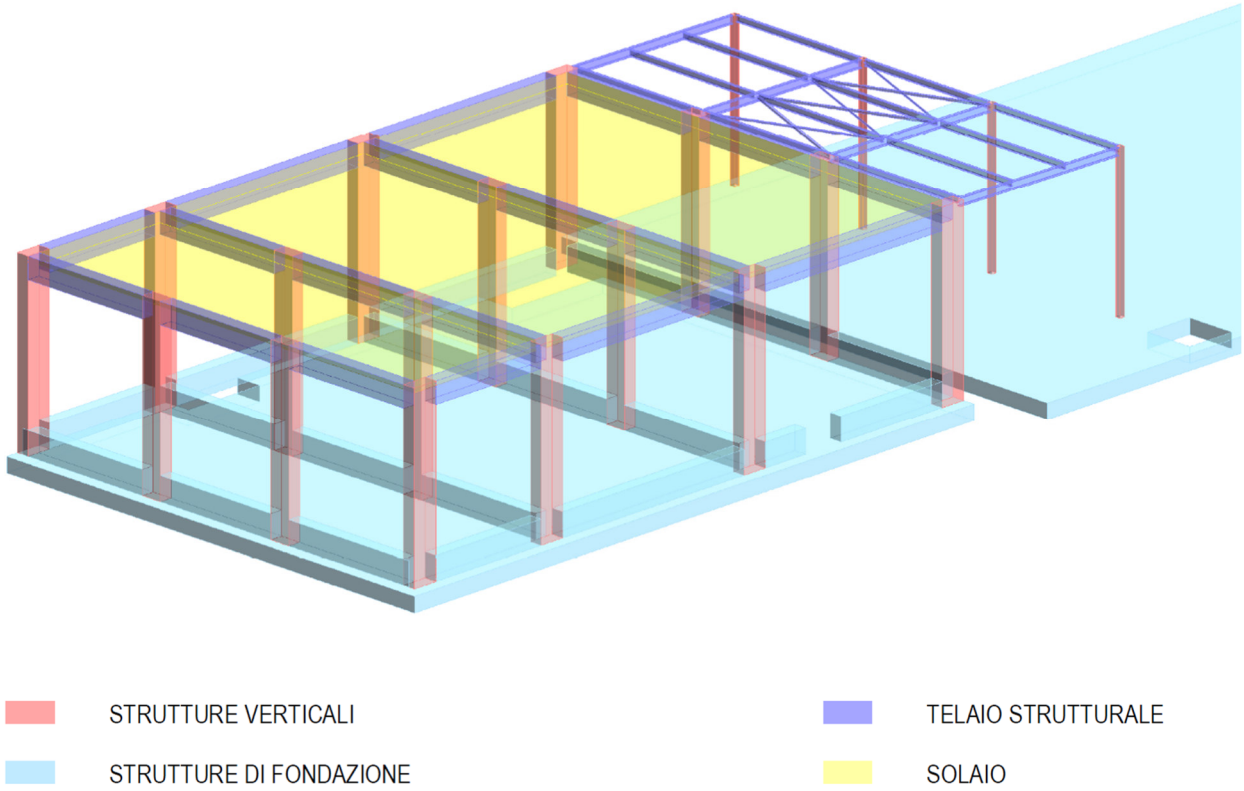


Figura 1 - Mappa ambiti WBS

Ambito 1:	TERMINAL PARTENZE
Ambito 2:	TERMINAL ARRIVI
Ambito 3	POLO TECNOLOGICO
Ambito 4	AVANCORPO
Ambito 5	EDIFICIO CONTROLLO PISTA
Ambito 6	PENSILINA AIRSIDE
Ambito 7	PENSILINA LANDSIDE
Ambito 8	SISTEMAZIONI ESTERNE LANDSIDE
Ambito 9	SISTEMAZIONI ESTERNE AIRSIDE

1.1. Descrizione delle strutture

La struttura della centrale tecnologica si presenta come un telaio spaziale in cemento armato con pilastri a sezione rettangolare 30x50 cm e 30x60 cm a seconda delle direzioni considerate per dare sufficiente rigidezza in entrambe le direzioni principali del sisma. L'edificio monopiano a pianta rettangolare 15,10x10,80 metri si estende per un'altezza di 4,50 metri dal piano campagna e risulta staticamente e sismicamente indipendente dagli edifici adiacenti. Le travi di copertura sono a sezione rettangolare 30x50 cm e sorreggono un solaio di tipo "predalles" con spessore di 20 cm e cappa strutturale superiore di 5 cm. Sul lato sud del fabbricato è presente una tettoia in carpenteria metallica leggera per coprire dei serbatoi impiantistici per una lunghezza di 4,75 metri, tale struttura si compone di 4 colonne in profilo scatolare e una copertura di travi in profili commerciali che posa sulle colonne stesse e dal lato opposto si ancora direttamente sulla struttura a telaio in cemento armato.



La fondazione sarà di tipo superficiale a platea di spessore 35 cm.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli interventi verranno progettati nel rispetto delle più recenti normative in ambito strutturale e in accordo agli standard di progettazione antisismica vigenti. In particolare si farà riferimento alle seguenti normative di riferimento:

Codice	Titolo
DM 17/01/18	"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC'18) (G.U. n. 42 del 20.02.2018)
CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP	Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
Eurocodice 1	"Azioni sulle strutture" – EN 1991
Eurocodice 2	"Progettazione delle strutture di calcestruzzo" – EN 1992
Eurocodice 3	"Progettazione delle strutture in acciaio" – EN 1993
Eurocodice 5	"Progettazione delle strutture in legno" – EN 1995
Eurocodice 7	"Progettazione geotecnica" – EN 1997
Eurocodice 8	"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica" EN 1998
CNR-DT 206 R1/2018	"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture in Legno"
CNR-DT 207/2018	"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni"

3. MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei principali materiali utilizzati nelle verifiche degli elementi strutturali.

3.1. Cemento Armato

3.1.1. Classe di esposizione e copriferro minimo

In accordo con la normativa vigente viene definito il valore di copriferro e classe di esposizione delle opere in calcestruzzo presenti all'interno del progetto.

Si riporta in seguito un estratto della normativa che definisce i valori minimi di copriferro in base alla classe di esposizione dell'elemento considerato (necessario aumentare 2 classi se vita utile pari a 100 anni):

- **CLASSI PER CORROSIONE DOVUTA A CARBONATAZIONE**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente: Nota Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2

Descrizione classi di esposizione XC – estratto UNI EN 206-1

Di seguito si riportano le classi di riferimento per gli elementi indicati (in riferimento alla tipologia di classe di esposizione XC):

Elemento	Classe di esposizione XC
Fondazioni superficiali	XC2
Strutture in elevazione	XC1

- **CLASSI PER CORROSIONE DOVUTA A PRESENZA DI CLORURI**

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue: Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine

Descrizione classi di esposizione XD/XS – estratto UNI EN 206-1

Di seguito si riportano le classi di riferimento per gli elementi indicati (in riferimento alla tipologia di classe di esposizione XD/XS):

Elemento	Classe di esposizione XC
Fondazioni superficiali	XS1
Strutture in elevazione	XS1

Vista la vicinanza delle strutture con la costa, si è scelto di considerare la classe XS1 in quanto le strutture (anche di fondazione) possono essere esposte alla nebbia salina.

- **CLASSI PER CORROSIONE DOVUTA A PRESENZA DI CICLO GELO/DISGELO**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti		
Qualora il calcestruzzo bagnato sia esposto ad un attacco significativo dovuto a cicli di gelo/disgelo, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo

Descrizione classi di esposizione XF – estratto UNI EN 206-1

Si è considerato di escludere tale classe in quanto il sito non appare soggetto a significativi cicli gelo/disgelo.

- **CLASSI PER CORROSIONE DOVUTA AD ATTACCO CHIMICO**

6 Attacco chimico		
Qualora il calcestruzzo sia esposto all'attacco chimico che si verifica nel terreno naturale e nell'acqua del terreno avente caratteristiche definite nel prospetto 2, l'esposizione verrà classificata come è indicato di seguito. La classificazione dell'acqua di mare dipende dalla località geografica; perciò si dovrà applicare la classificazione valida nel luogo di impiego del calcestruzzo. Nota Può essere necessario uno studio speciale per stabilire le condizioni di esposizione da applicare quando si è: - al di fuori dei limiti del prospetto 2; - in presenza di altri aggressivi chimici; - in presenza di terreni o acque inquinati da sostanze chimiche; - in presenza della combinazione di elevata velocità dell'acqua e delle sostanze chimiche del prospetto 2.		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2	

Descrizione classi di esposizione XA – estratto UNI EN 206-1

Per determinare la presenza di tali condizioni si fa riferimento alla tabella riportata nel prospetto 2 della normativa di riferimento dove sono riportati i valori limite degli elementi chimici determinanti un ambiente aggressivo:

Gli ambienti chimicamente aggressivi classificati di seguito sono basati sul suolo naturale e per acqua nel terreno a temperature dell'acqua/terreno comprese tra 5 °C e 25 °C ed una velocità dell'acqua sufficientemente bassa da poter essere approssimata a condizioni statiche.
La condizione più gravosa per ognuna delle condizioni chimiche determina la classe di esposizione.
Se due o più caratteristiche di aggressività appartengono alla stessa classe, l'esposizione sarà classificata nella classe più elevata successiva, salvo il caso che uno studio specifico provi che ciò non è necessario.

Caratteristica chimica	Metodo di prova di riferimento	XA1	XA2	XA3
Acqua nel terreno				
SO_4^{2-} mg/l	EN 196-2	≥200 e ≤600	>600 e ≤3 000	>3 000 e ≤6 000
pH	ISO 4316	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO_2 mg/l aggressiva	prEN 13577:1999	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH_4^+ mg/l	ISO 7150-1 oppure ISO 7150-2	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100
Mg^{2+} mg/l	ISO 7980	≥300 e ≤1 000	>1 000 e ≤3 000	>3 000 fino a saturazione
Terreno				
SO_4^{2-} mg/kg[a] totale	EN 196-2[b]	≥2 000 e ≤3 000[c]	>3 000[c] e ≤12 000	>12 000 e ≤24 000
Acidità ml/kg	DIN 4030-2	>200 Baumann Gully	Non incontrato in pratica	

a) I terreni argillosi con una permeabilità minore di 10^{-5} m/s possono essere classificati in una classe inferiore.
b) Il metodo di prova prescrive l'estrazione di SO_4^{2-} mediante acido cloridrico; in alternativa si può usare l'estrazione con acqua se nel luogo di impiego del calcestruzzo c'è questa pratica.
c) Il limite di 3 000 mg/kg deve essere ridotto a 2 000 mg/kg se esiste il rischio di accumulo di ioni solfato nel calcestruzzo causato da cicli di essiccamento/bagnatura oppure suzione capillare.

Valori limite per classi di esposizione XA – estratto UNI EN 206-1 (prospetto 2)

Un riscontro a tali valori può essere individuato all'interno della relazione geologica dove si riportano i risultati delle analisi svolte sulle acque nel terreno. Si riporta la tabella riepilogativa in seguito:

Parametro ricercato	Unità di Misura	Valore
Solfato	mg/l	54
pH	unità pH	7,6
Anidride carbonica CO2	mg/l	0,73
Ammonio	mg/l	0,50
Magnesio	mg/l	31

Analisi acque nel terreno – estratto relazione geologica

I valori indicati risultano essere al di sotto dei valori limite per tutte le condizioni chimiche indicate.

Si ritiene pertanto di escludere tale condizione di esposizione per le strutture in calcestruzzo.

Definizioni caratteristiche minime calcestruzzo

Per gli elementi finora definiti si definiscono quindi le caratteristiche minime del calcestruzzo coerentemente con la classe di esposizione scelta.

Le caratteristiche minime sono riportate nel prospetto F.1 contenuto in UNI EN 206-1 e che viene riproposto i seguito:

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza*)	C12/15	C25/30		C28/35	C32/40	C32/40	C35/45		C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C28/35	C28/35	C32/40	C35/45
Minimo contenuto di cemento (kg/m³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0[a)]					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati[b)]		

*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le perscrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Prospetto F.1. – estratto UNI EN 206-1

Per tutti gli elementi strutturali è risultato che la classe di esposizione peggiorativa è quella XS1 da cui si ricaveranno quindi i valori delle caratteristiche minime del materiale.

Definizioni classe strutturale e copriferro minimo

Si definisce inoltre la classe strutturale da cui sarà definito il valore minimo di copriferro da utilizzare negli elementi strutturali. La classe strutturale di partenza per gli elementi strutturali è la S4 che potrà essere poi modificata secondo i parametri riassunti nella tabella riportata in seguito:

CRITERIO	CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE SECONDO UNI 11104						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
VITA UTILE DI PROGETTO DI 100 ANNI	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi
CLASSE DI RESISTENZA	≥ C30/37 Ridurre di 1 classe	≥ C30/37 Ridurre di 1 classe	≥ C35/45 Ridurre di 1 classe	≥ C40/50 Ridurre di 1 classe	≥ C40/50 Ridurre di 1 classe	≥ C40/50 Ridurre di 1 classe	≥ C45/55 Ridurre di 1 classe
ELEMENTO DI FORMA SIMILE AD UNA SOLETTA (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe
É ASSICURATO UN CONTROLLO DI QUALITA' SPECIALE DELLA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe

Parametri per modifica classe strutturale – estratto UNI EN 1992-1-2

	CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE SECONDO UNI 11104						
CLASSE STRUTTURALE	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10 (10)	10(15)	10(20)	15(25)	20(30)	25(35)	30(40)
S2	10 (10)	10(15)	15(25)	20(30)	25(35)	30(40)	35(45)
S3	10 (10)	10(20)	20(30)	25(35)	30(40)	35(45)	40(50)
S4	10 (10)	15(25)	25(35)	30(40)	35(45)	40(50)	45(55)
S5	15 (15)	20(30)	30(40)	35(45)	40(50)	45(55)	50(60)
S6	20 (20)	25(35)	35(45)	40(50)	45(55)	50(60)	55(65)

Tabella 2 – Valori minimi del copriferro ($c_{min,dur}$) atti a garantire la durabilità in funzione della classe di esposizione ambientale e della classe strutturale dell'opera (i valori tra parentesi sono relativi alle opere in c.a.p.)

Valori minimi copriferro – estratto UNI EN 1992-1-2

Il valore minimo del copriferro dovrà poi essere aumentato di 10mm per considerare la tolleranza di posa delle barre di armatura.

Di conseguenza i valori minimo di copriferro e di classe per il calcestruzzo degli elementi di progetto vengono riassunti nella tabella di seguito:

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE STRUTTURALE	COPRIFERRO NOMINALE C_{nom}	CLASSE MINIMA CLS
Platea di fondazione	XC2 + XS1	S6	50 mm	C32/40
Strutture in elevazione	XC4 + XS1	S6	50 mm	C32/40

3.1.2. Platea di fondazione e fondazioni in generale

NTC - SEZIONE IN C.A.			
ELEMENTO :	**PLATEA DI FONDAZIONE**		
Caratteristiche dei materiali			
Calcestruzzo		C32/40	
coefficiente parziale del materiale	γ_c	1,5	
coefficiente riduttivo per effetti di lungo termine	α_{cc}	0,85	
resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40,00	MPa
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	32,00	MPa
valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40,00	MPa
valore medio resistenza a trazione assiale calcestruzzo	f_{ctm}	3,03	MPa
per fck ≤ 50 MPa	$f_{ctm} = 0,3\ f_{ck}^{2/3}$		
per fck > 50 MPa	$f_{ctm} = 2,12\ \ln(1+ f_{cm}/10)$		
resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05} = 0,7\ f_{ctm}$	2,12	MPa
resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95} = 1.3\ f_{ctm}$	3,94	MPa
resistenza di calcolo del calcestruzzo (compressione)	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	18,13	MPa
resistenza di calcolo del calcestruzzo (taglio/trazione)	$f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c$	1,41	MPa
modulo elastico del calcestruzzo	E_c	33346	MPa
classe di esposizione	XS1		
copriferro	5 cm		
Acciaio		B450C	
coefficiente parziale del materiale	γ_s	1,15	
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450,0	MPa
tensione di rottura	f_{tk}	540,0	MPa
resistenza di calcolo dell'acciao (snervamento)	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	391,3	MPa
modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000,0	MPa

3.1.3. Strutture in elevazione (travi, pilastri, getti di completamento)

NTC - SEZIONE IN C.A.			
ELEMENTO :	**ELEVAZIONE**		
Caratteristiche dei materiali			
Calcestruzzo		C32/40	
coefficiente parziale del materiale	γ_c	1,5	
coefficiente riduttivo per effetti di lungo termine	α_{cc}	0,85	
resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40,00	MPa
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	32,00	MPa
valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40,00	MPa
valore medio resistenza a trazione assiale calcestruzzo	f_{ctm}	3,03	MPa
per fck ≤ 50 MPa	$f_{ctm} = 0,3\ f_{ck}^{2/3}$		
per fck > 50 MPa	$f_{ctm} = 2,12\ \ln(1+ f_{cm}/10)$		
resistenza caratteristica a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05} = 0,7\ f_{ctm}$	2,12	MPa
resistenza caratteristica a trazione (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95} = 1.3\ f_{ctm}$	3,94	MPa
resistenza di calcolo del calcestruzzo (compressione)	$f_{cd} = \alpha_{cc}\ f_{ck} / \gamma_c$	18,13	MPa
resistenza di calcolo del calcestruzzo (taglio/trazione)	$f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c$	1,41	MPa
modulo elastico del calcestruzzo	E_c	33346	MPa
classe di esposizione	XS1		
copriferro	5 cm		
Acciaio		B450C	
coefficiente parziale del materiale	γ_s	1,15	
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450,0	MPa
tensione di rottura	f_{tk}	540,0	MPa
resistenza di calcolo dell'acciao (snervamento)	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	391,3	MPa
modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000,0	MPa

3.2. Acciaio per carpenteria metallica

3.2.1. Classe di esecuzione per opere in carpenteria metallica

Viene definita la classe di esecuzione minima per le opere in carpenteria metallica in accordo a quanto previsto dalla norma UNI EN 1090-2. La definizione della classe di esecuzione delle opere in carpenteria metallica avviene attraverso la definizione di:

- *CLASSE DI IMPORTANZA*

Table B1 - Definition of consequences classes

Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	**High** consequence for loss of human life, *or* economic, social or environmental consequences **very great**	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	**Medium** consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences **considerable**	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	**Low** consequence for loss of human life, *and* economic, social or environmental consequences **small or negligible**	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses

Tabella di definizione classi di importanza (uni en 1990:2002 – Annex B)

- *CATEGORIA DI SERVIZIO*

Categorie	Criteri
SC1	- Strutture e componenti progettate solo per azioni quasi statiche (Esempio: Edifici) - Strutture e componenti con connessioni progettate per azioni sismiche nelle regioni con bassa attività sismica e in DCL * - Strutture e componenti progettate per le azioni a fatica degli apparecchi di sollevamento (classe S_0)**
SC2	- Strutture e componenti progettate per le azioni fatica secondo la EN 1993. [Esempi: Ponti stradali e ferroviari, gru (classe da S_1 a S_9)**, strutture suscettibili alle vibrazioni indotte dal vento, dalla folla o dalla rotazione di macchine]. - Strutture e componenti con connessioni progettate per azioni sismiche nelle regioni con media o alta attività sismica ed in DCM* e DCH*

* DCL, DCM, DCH: classi di duttilità secondo la EN 1998-1.
** Per la classificazione delle azioni a fatica degli apparecchi di sollevamento, vedere EN 1991-3 e EN 13001-1.

Tabella di definizione categorie di servizio (uni 1090-2)

- *CATEGORIE DI PRODUZIONE*

Categorie	Criteri
PC1	- Componenti non saldati realizzati da prodotti di qualsiasi classe di acciaio - Componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio di classe minore a S355
PC2	- Componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio di classe S355 e maggiore - Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati mediante saldatura in cantiere - Componenti prodotti mediante formatura a caldo o che ricevono un trattamento termico durante la fabbricazione - Componenti di tralicci CHS che richiedono taglio finale del profilo

Tabella di definizione classi di importanza (uni en 1990:2002 – Annex B)

Pertanto si definisce la classe di esecuzione per le opere in carpenteria metallica secondo le classi definite in precedenza:

- classe di importanza CC2
- categoria di servizio SC1
- categoria di produzione PC1

Classi di importanza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 a)	EXC3 a)
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 a)	EXC4

a) EXC4 dovrebbe essere applicato a strutture speciali o strutture con conseguenze estreme di cedimento strutturale, come richiesto dalle disposizioni nazionali.

La classe di esecuzione determina i requisiti per le varie attività di esecuzione riportate nella presente norma europea. I requisiti sono riassunti nell'appendice A.3.

OPERA	CLASSE DI ESECUZIONE
CARPENTERIE TETTOIE CENTRALE TECNOLOGICA	EXC2

3.2.2. Strutture in elevazione

Le strutture in carpenteria metallica verranno realizzate utilizzando un acciaio tipo **S275.**

Nei calcoli si considerano i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati di seguito:

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
UNI EN 10025-2	t < 40mm		40mm < t < 80mm	
	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]
S 355	355	510	335	470
S 275	275	430	255	410
S 235	235	360	215	360

3.2.3. Elementi di collegamento

Nella realizzazione del progetto viene utilizzata la seguente bulloneria per collegamenti e tirafondi:

- **Classe 8.8 EN 15048** (serraggio non controllato):

Elemento	Riferimento
Viti	ISO 4014 oppure ISO 4017 (ex UNI 5737 e 5739)
Dadi	ISO 4032 (ex UNI 5588)
Rosette	ISO 6091 (ex UNI 6592)

Per le verifiche agli stati limite si assumono i seguenti valori di resistenza:

Classe della vite	Stato di tensione				
	$f_t[N/mm^2]$	$f_y[N/mm^2]$	$f_{k,N}[N/mm^2]$	$f_{d,N}[N/mm^2]$	$f_{d,V}[N/mm^2]$
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0{,}7 f_t$ e $f_t = f_y$ essendo $f_t$ed f_y le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$ resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,V} = f_{k,N}/\sqrt{2}$ resistenza di calcolo a taglio

4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel presente paragrafo vengono definiti i parametri della struttura relativamente alla destinazione d'uso della stessa.

4.1. Vita nominale di progetto

Il tipo di costruzione rientra nella tipologia *"3 – Costruzioni con livelli di prestazioni elevati"* in accordo alla Tab. 2.4.I delle NTC'18. A questa tipologia di costruzioni viene assegnato un valore minimo di vita nominale pari a 100 anni.

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale* V_N *di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

4.2. Classe d'uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, alla costruzione viene data una "*Classe d'uso IV – Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti*".

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A cui viene associato un coefficiente d'uso $C_U = 2$ in accordo alla Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso* C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

4.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento V_R per la valutazione dell'azione sismica viene determinato in accordo al §2.4.3 come prodotto tra il parametro vita nominale V_N e il coefficiente d'uso C_U.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2 = 200\ anni$$

4.4. Limiti di deformazione verticale

Per la struttura della centrale tecnologica si fa riferimento ad i limiti di deformazione imposti dalla normativa vigente NTC2018.

Per le azioni statiche si considerano i limiti indicati al capitolo §4.2.4.2.2.

Tab. 4.2.XII - *Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie*

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tab. 4.2.XIII - *Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali*

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

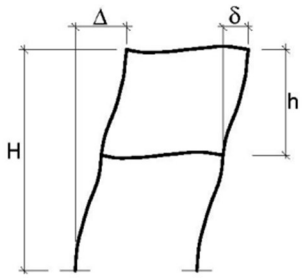


Fig. 4.2.4 - *Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio*

Nello specifico si considereranno i limiti definiti per le coperture in generale di L/200 per le deformazioni verticali in combinazione RARA mentre il limite di L/250 per le deformazioni verticali dovute ai soli carichi accidentali.

5. AZIONI VARIABILI SULLE STRUTTURE

Nel presente capitolo si determinano le azioni variabili legate agli effetti ambientali sulla struttura ed in particolare: neve, vento e sisma.

5.1. Azione della neve

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	**Zona I - Alpina** Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	q_{sk} = 1,50 kN/mq $a_s \leq 200$ m q_{sk} = 1,39 $[1+(a_s/728)^2]$ kN/mq $a_s > 200$ m
○	**Zona I - Mediterranea** Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	q_{sk} = 1,50 kN/mq $a_s \leq 200$ m q_{sk} = 1,35 $[1+(a_s/602)^2]$ kN/mq $a_s > 200$ m
○	**Zona II** Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	q_{sk} = 1,00 kN/mq $a_s \leq 200$ m q_{sk} = 0,85 $[1+(a_s/481)^2]$ kN/mq $a_s > 200$ m
◉	**Zona III** Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanisetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	q_{sk} = 0,60 kN/mq $a_s \leq 200$ m q_{sk} = 0,51 $[1+(a_s/481^2]$ kN/mq $a_s > 200$ m

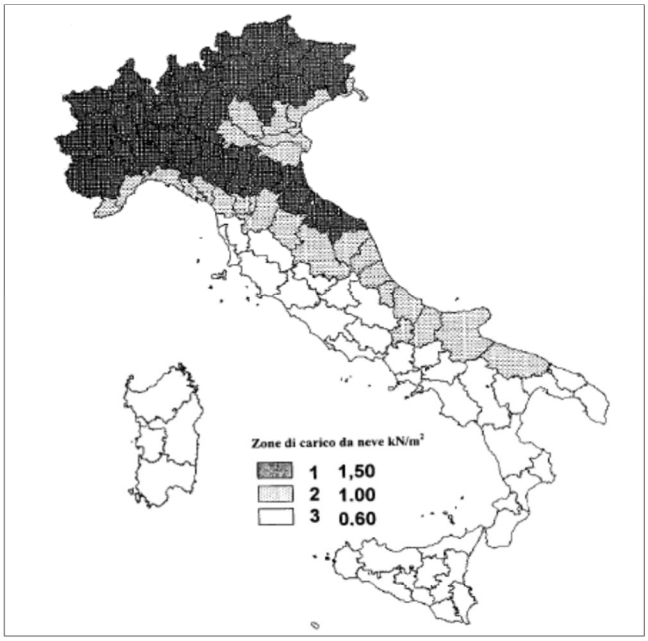
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i . q_{sk} . C_E . C_t$

μ_i (coefficiente di forma)

q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])

C_E (coefficiente di esposizione)

C_t (coefficiente termico)



Valore carratteristicio della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	14
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	0.60

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente
tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.

Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

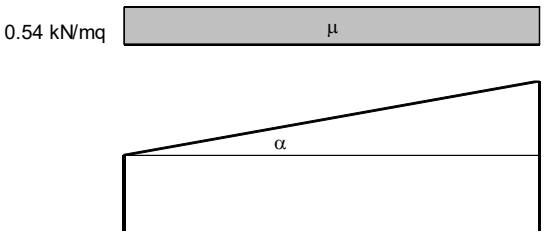
Valore del carico della neve al suolo

q_{s50} (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.60
Tempo di ritorno [anni]	100
q_{sn} (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.68

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0

μ	0.8



Dato il tipo di costruzione appartenente alla categoria "*3 – Costruzioni con livelli di prestazioni elevati*" secondo la tabella 2.4.I delle NTC'18, si ha una vita nominale minima di progetto $V_N = 100$ anni ed è perciò stato assunto un valore di riferimento del carico neve al suolo in accordo al C3.4.2 della Circolare Applicativa.

5.2. Azione del vento

In questo paragrafo si definiscono i parametri e l'andamento della pressione del vento al netto dei coefficienti aerodinamici che verranno di volta in volta espressi in funzione della forma della struttura analizzata.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			14
T_R (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \le a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \le 1500$ m			
v_b (T_R = 50 [m/s])			27.000
α_R (T_R)			1.03924
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s])			28.059

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ (ρ = 1,25 kg/mc)

q_b [N/mq]	492.08

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

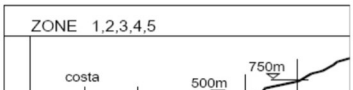
Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

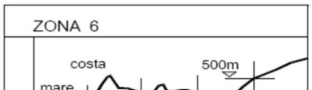
Categoria di esposizione



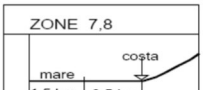
A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

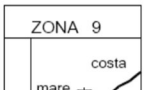


A	- -	III	IV	V	V
B	- -	II	III	IV	IV
C	- -	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III



A	- -	- -	IV
B	- -	- -	IV
C	- -	- -	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7



A	- -	I
B	- -	I
C	- -	I
D	I	I

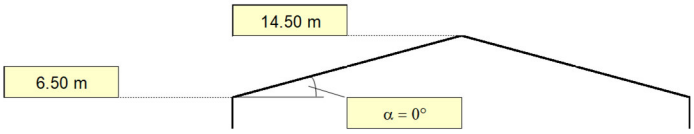
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	14

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0)\,[7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \ge z_{min}$

$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
I	0.17	0.01	2	1

z [m]	c_e
$z \le 2$	1.883
z = 6.5	2.523
z = 14.5	3.004

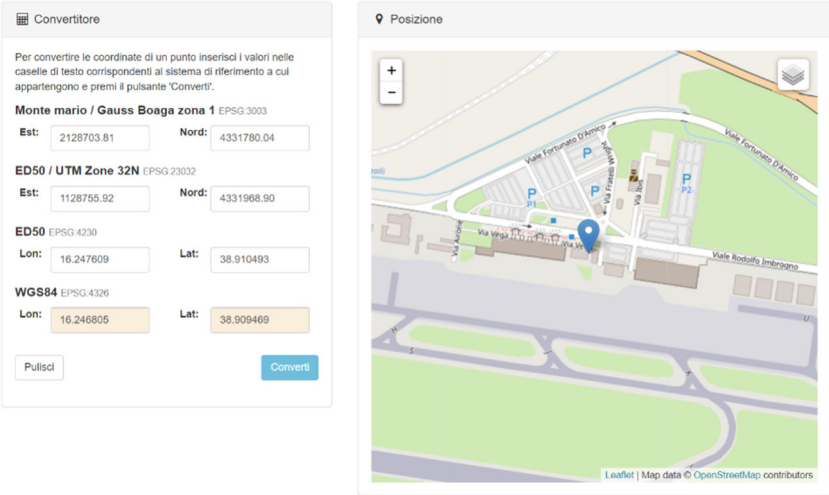


5.3. Azione del sisma

Per l'opera in oggetto si è assunto di considerare una classe d'uso IV in quanto considerato edificio strategico. Si riportano nel seguito le caratteristiche legate al sito utilizzate per produrre l'azione sismica di progetto.

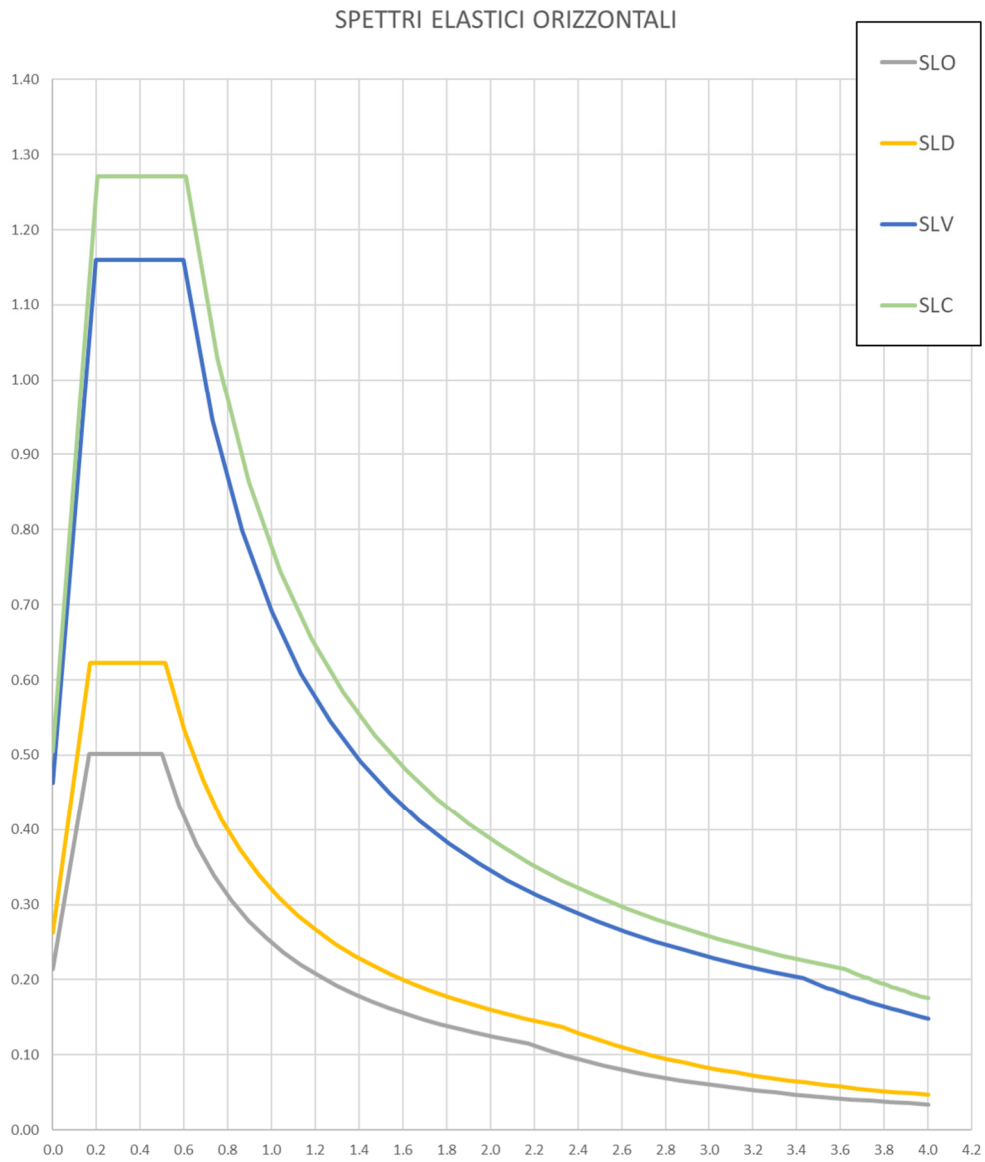
Tipo di costruzione *[Tab. 2.4.I NTC'18]*	3 – Costruzioni con livelli di prestazione elevati
Vita nominale *[Tab. 2.4.I NTC'18]*	$V_N = 100$ anni
Classe d'uso *[§2.4.2 NTC'18]*	IV – Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti
Coefficiente d'uso *[Tab. 2.4.II NTC'18]*	$C_u = 2$
Periodo di riferimento *[§2.4.3 NTC'18]*	$V_R = V_N \cdot C_u = 200$ anni
Categoria di suolo *[Tab.3.2.II NTC'18]*	C
Categoria topografica *[Tab. 3.2.III NTC'18]*	T1

Le coordinate del sito preso come riferimento per la determinazione dei parametri dell'azione sismica sono di seguito riportate.



ED50	
Longitudine [°]	Latitudine [°]
16,247609	38,910493

Si riportano di seguito gli spettri elastici secondo NTC'18 in un unico grafico di confronto. Tali spettri saranno utilizzati nel seguito per la determinazione delle accelerazioni corrispondenti ai vari periodi di vibrazione delle strutture.



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.143	2.338	0.328
SLD	201	0.182	2.372	0.344
SLV	1898	0.457	2.505	0.429
SLC	2475	0.505	2.517	0.444

Gli spettri qui riportati sono spettri elastici, con fattore di comportamento unitario, nel seguito verranno riportati gli spettri di progetto con le necessarie ipotesi sul fattore di comportamento utilizzato.

5.4. Azione della temperatura

Si considera la struttura cemento armato esposta, quindi secondo NTC 2018 soggetta a un ΔT_u pari a **±15°C**.

Tab. 3.5.II – *Valori di ΔT_u per gli edifici*

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

5.5. Combinazioni delle azioni

Le combinazioni fondamentali delle azioni che verranno applicate nelle verifiche agli stati limite, così come descritte al §2.5.3 NTC'18, vengono qui riportate.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:
  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:
  $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$. [2.5.7]

dove:

G1 = peso proprio di tutti gli elementi strutturali
G2 = peso proprio di tutti gli elementi non strutturali
Qk1 = valore caratteristico dell'azione variabile considerata come dominante
Qki = valore caratteristico dell'azione variabile che può agire contemporaneamente a quella dominante.

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere, salvo quanto diversamente espresso dalla norma in casi particolari, sono espressi nella Tab.2.6.I e di seguito riportati:

Tab. 2.6.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G_2[(1)]	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

con:

EQU è lo stato limite di equilibrio come corpo rigido;
A1 STR è lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;
A2 GEO è lo stato limite di resistenza del terreno.

I valori dei coefficienti di combinazioni delle azioni variabili per edifici civili ed industriali correnti sono riportati nella Tab.2.5.I:

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1. Pesi permanenti strutturali

Il peso proprio di tutti gli elementi modellati è determinato in automatico dal software di calcolo utilizzando le caratteristiche del materiale.

Il peso di tutti gli elementi strutturali non modellati viene applicato come carico esterno linearmente distribuito o superficiale a seconda dei criteri di modellazione.

Tali carichi verranno esplicitati nelle tabelle relative al riepilogo dei carichi.

6.2. Pesi permanenti non strutturali

Tutti gli elementi che non svolgono una funzione strutturale, ma che rappresentano solo un peso per le strutture portanti, vengono applicati mediante carichi esterni puntuali, distribuiti o superficiali sugli elementi modellati. Alcuni esempi di carichi permanenti non strutturali sono rappresentati dai pacchetti di finitura dei solai e dagli impianti.

Tali carichi verranno esplicitati nelle tabelle relative al riepilogo dei carichi.

6.3. Sovraccarichi

I sovraccarichi, o carichi imposti, sono legati alla destinazione d'uso dell'opera o di porzioni di essa e sono riportati in normativa alla Tab. 3.1.II.

Tali carichi verranno esplicitati nelle tabelle relative al riepilogo dei carichi, esplicitando di volta in volta a che categoria appartengono.

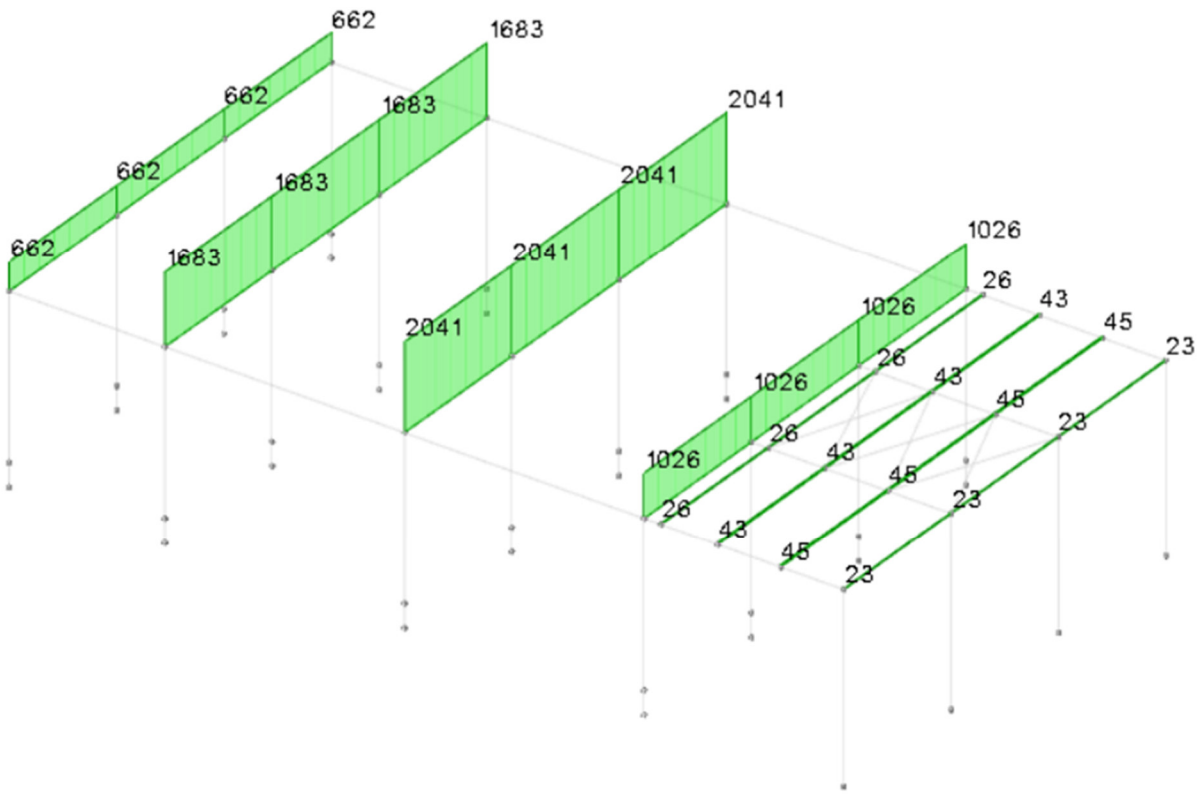
6.4. Carichi solaio di superfice

La tabella di seguito riportata riguarda i carichi distribuiti superficialmente sui vari elementi del modello e generalmente rappresentano gli elementi di solaio. Una rappresentazione schematica delle zone di carico è riportata negli elaborati grafici di progetto.

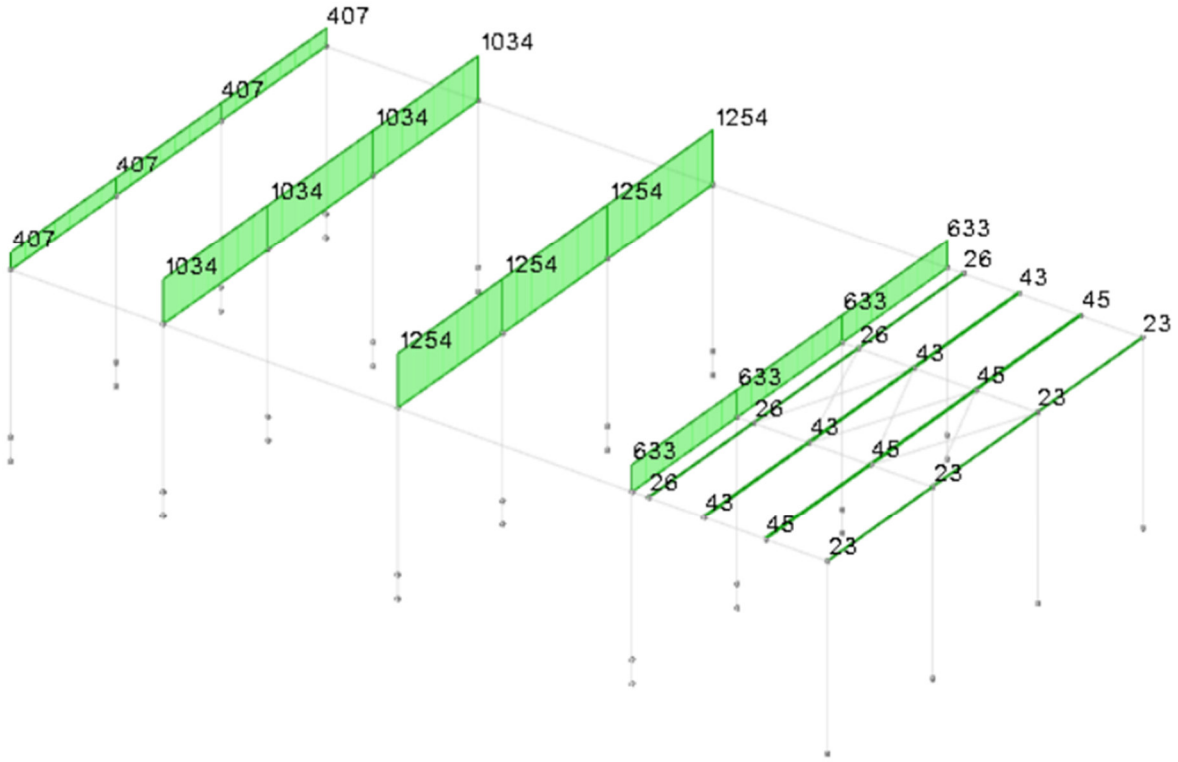
COPERTURA NON PRATICABILE		
	Descrizione	**Carico [kN/m^2]**
G1	Solaio Predalles 4+16+5 cm	3,60
	Totale G1	**3,60**
G2	Pacchetto di finitura	1,70
	Controsoffitto e carichi appesi	0,50
	Totale G2	**2,20**
Q	Sola manutenzione (Cat. H)	0,50
	Neve	0,55
	Prevalente Q	**0,55**

COPERTURA TETTOIA IMPIANTI		
	Descrizione	**Carico [kN/m^2]**
G1	Pannello coibentato e sottostruttura	0,30
	Totale G1	**0,30**
G2	Eventuali carichi appesi	0,30
	Totale G2	**0,30**
Q	Sola manutenzione (Cat. H)	0,50
	Neve	0,55
	Prevalente Q	**0,55**

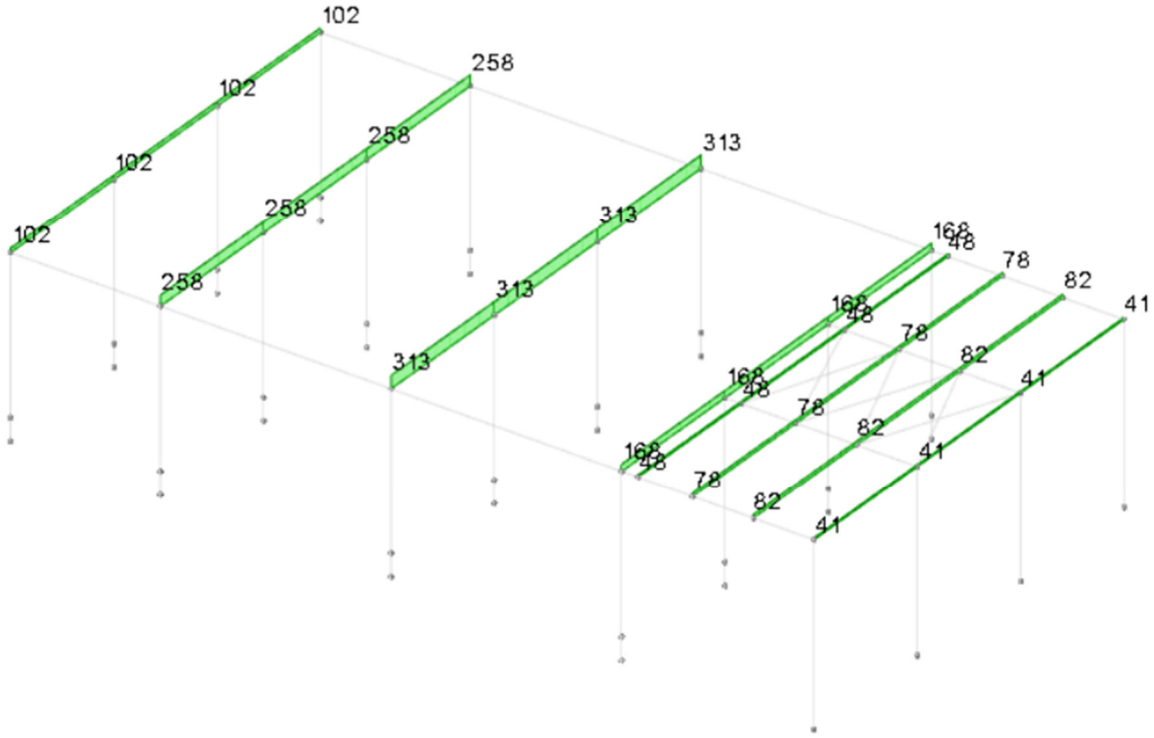
Di seguito la ripartizione eseguita dal software del carico distribuito [daN/m] sugli elementi monodimensionali in proporzione all'interasse di riferimento.



Carichi permanenti strutturali - G_1



Carichi permanenti strutturali - G_2



Sovraccarico neve - Q_n

7. DESCRIZIONE MODELLO E IPOTESI DI CALCOLO

7.1. Software di calcolo

Il software di calcolo utilizzato per l'analisi della struttura è **SismiCAD 12.24** prodotto dalla Concrete s.r.l. con licenza intestata a INCIDE Engineering s.r.l.

Si riporta di seguito un estratto dell'introduzione contenuta nel manuale del software.

Sismicad è un programma per il calcolo strutturale con modellazione agli elementi finiti (FEM), dotato di un proprio solutore tridimensionale. Sismicad si propone principalmente come strumento per il progetto di edifici, in zona sismica e non, con modellazione tridimensionale agli elementi finiti. Sismicad consente la progettazione di edifici in c.a., muratura, acciaio e legno schematizzati attraverso un modello unico di struttura spaziale composta da elementi monodimensionali e bidimensionali con fondazioni poggianti su suolo elastico alla Winkler od elastoplastico, oppure su palificate.

Per progettare una struttura Sismicad prevede sostanzialmente il seguente iter:

- *definizione della struttura, anche usando disegni architettonici;*
- *modellazione automatica agli elementi finiti dell'intera struttura;*
- *progettazione automatica e/o interattiva di ciascun elemento strutturale;*
- *produzione automatica di relazioni, disegni esecutivi, piante di carpenteria, prospetti in acciaio, computi.*

Le fasi sopra elencate rispecchiano il normale iter progettuale e, in aggiunta, sono rese più flessibili dalla possibilità di attuare modifiche alla struttura senza perdere l'eventuale lavoro di progettazione degli elementi strutturali e il lavoro di creazione delle relazioni. Come accennato sopra con Sismicad viene fornito un evoluto solutore tridimensionale agli elementi finiti di tipo SAP; per maggiori dettagli si rimanda ai relativi manuali (introduttivo e completo). Il solutore interno consente tra l'altro l'analisi di fenomeni di non linearità geometrica (metodo P-delta) e di aste non reagenti alla trazione o alla compressione, di fondazioni sia superficiali che profonde in suolo elastoplastico, elementi bidimensionali parzialmente o non reagenti alla trazione. Il solutore gestisce inoltre fenomeni di non linearità meccanica attraverso una modellazione ad inelasticità diffusa impiegata nelle analisi inelastiche.

7.1. Interazione terreno-struttura

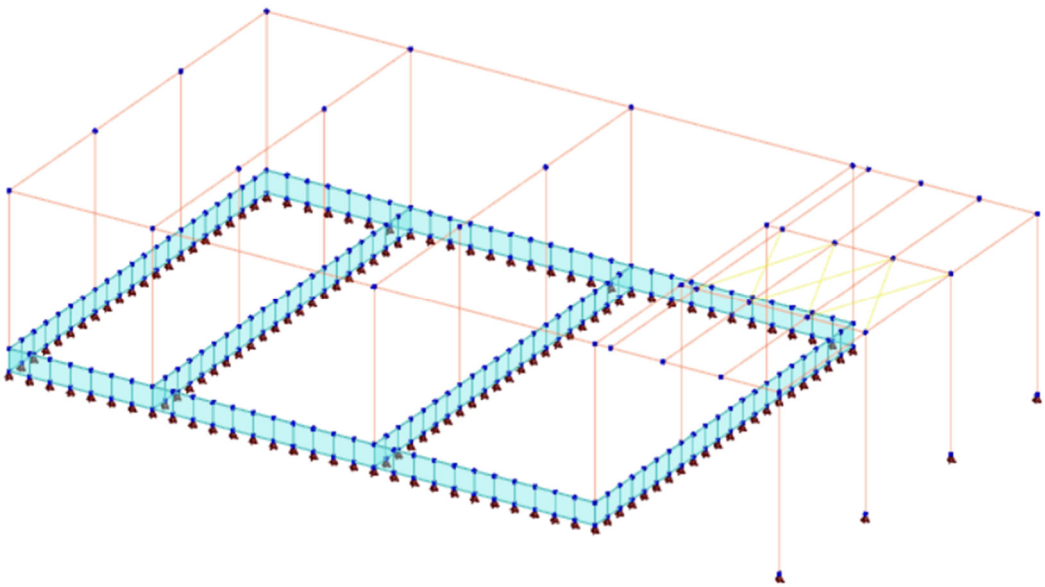
Lo studio delle strutture in elevazione è stato condotto ipotizzando vincoli rigidi alla base e derivando poi le azioni sollecitanti per le verifiche geotecniche e strutturali delle fondazioni in accordo al capitolo 7.2.5 delle NTC'18, di cui se ne riporta un estratto.

> Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le pertinenti combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3.
>
> Sia per CD"A" sia per CD"B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:
>
> - quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo (v. § 7.3);
> - quella derivante dalla capacità di resistenza a flessione degli elementi (calcolata per la forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 2.5.3), congiuntamente al taglio determinato da considerazioni di equilibrio;
> - quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD"A" e 1,10 in CD"B";

7.2. Modello di calcolo

Il modello di calcolo delle elevazioni è stato creato utilizzando elementi monodimensionali tipo "beam" per gli elementi colonna e trave con interazione reciproca in corrispondenza dei nodi di estremità. Non sono stati impostati svincoli di estremità, per quanto riguarda il telaio in cemento armato. Per la determinazione delle sollecitazioni e la verifica delle strutture in elevazione si è impostato il modello con incastri alla base delle colonne. L'impalcato è stato considerato infinitamente rigido nel suo piano. La struttura in carpenteria metallica presenta uno schema di colonne incastrate alla base e copertura in semplice appoggio. I muretti in fondazione che creano delle vasche per gli elementi impiantistici e cavidotti sono rappresentati con elementi plate.

Si riportano di seguito alcune immagini del modello unifilare di calcolo utilizzato per le valutazioni presenti nei capitoli successivi.



7.3. Rigidezza di impalcato

L'impalcato risulta composto da lastre prefabbricate tipo predalles completate da una soletta collaborante superiore armata di spessore 5 cm. Tale impalcato rispetta le condizioni minime previste dalla normativa per essere considerato un impalcato infinitamente rigido. Per questo motivo gli elementi solaio modellati presentano comportamento infinitamente rigido nel proprio piano. Per quanto riguarda invece la copertura della tettoia, il solaio di piano non è stato considerato infinitamente rigido, ma sono stati posti dei controventi di piano in modo da fornire alla struttura la necessaria rigidezza alle azioni orizzontali oltre che stabilizzare le travi principali.

7.4. Modi di vibrare

Nel presente paragrafo si analizzano i modi di vibrare della struttura che fornisce una valutazione globale sul comportamento del sistema soggetto a sisma.

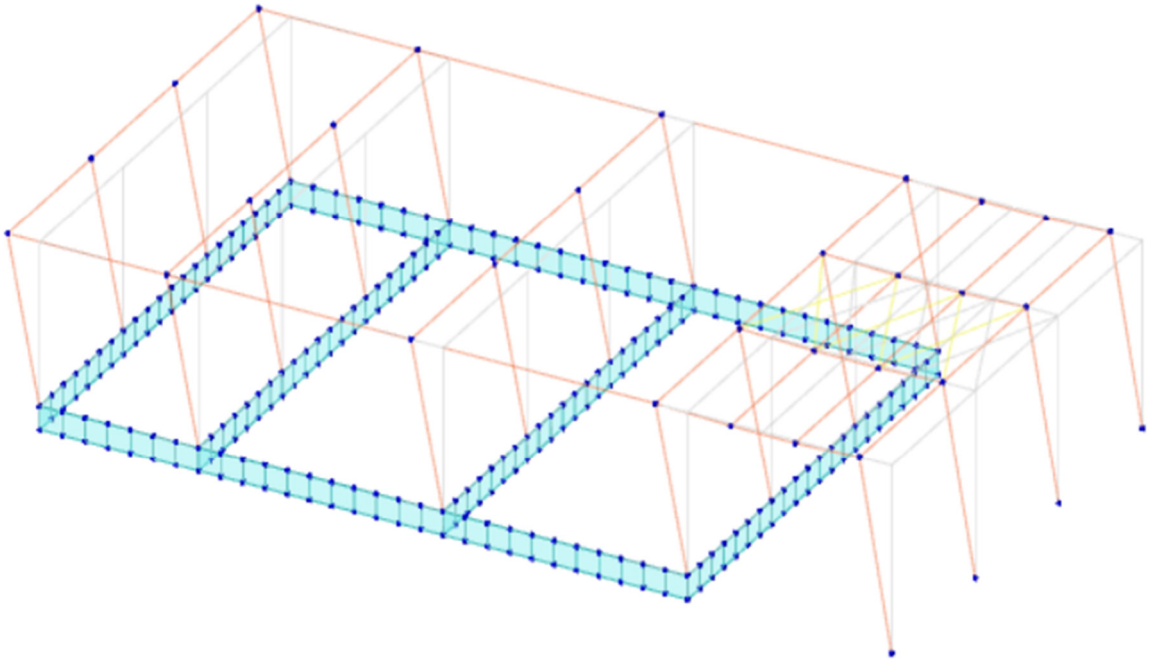
La seguente tabella elenca i primi 3 modi di vibrare della struttura ordinati dal periodo più alto al più basso, riportando allo stesso tempo la percentuale di massa eccitata nelle due direzioni principali dell'edificio.

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y
1	0,1990	0,00%	100,00%
2	0,1948	90,53%	0,00%
3	0,1672	9,44%	0,00%
Totale		**99,97%**	**100,00%**

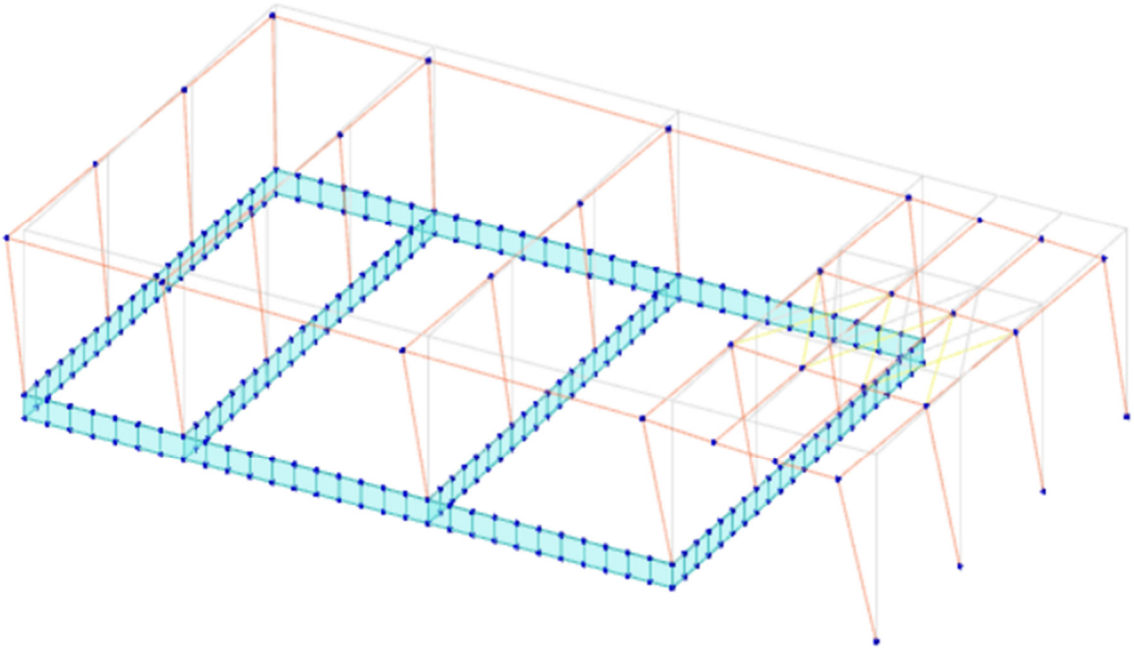
La simmetria e l'ipotesi di piano rigido riducono al minimo i modi di vibrare, è infatti sufficiente considerarne i primi tre per ottenere la totalità di massa eccitata in entrambe le direzioni.

Entrambi i primi modi di vibrare si attivano con un periodo intorno ai 0,20 s.

Si riportano ora le deformate dei 2 principali modi di vibrare della struttura.



1° Modo di vibrare (T=0,20 s) - $M_Y = 100\%$



2° Modo di vibrare (T=0,20 s) - $M_X = 91\%$

Dallo studio delle deformate dei modi di vibrare si ha ulteriormente conferma della regolarità del comportamento puramente traslazionale in entrambe le direzione, i moti sono perfettamente disaccoppiati.

8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nel presente capitolo si andranno a determinare gli spettri di progetto utilizzati per la verifica degli elementi strutturali.

8.1. Verifica di regolarità in pianta

Le condizioni di verifica della regolarità in pianta vengono riassunte nella seguente tabella che rispetta le indicazioni previste al 7.2.1 delle NTC'18.

REGOLARITA' IN PIANTA		SI
a)	La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;	SI
b)	Il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;	SI
c)	Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.	SI

8.2. Verifica di regolarità in elevazione

Le condizioni di verifica della regolarità in elevazione vengono riassunte nella seguente tabella che rispetta le indicazioni previste al 7.2.1 delle NTC'18.

REGOLARITA' IN ELEVAZIONE		SI
d)	Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;	SI
e)	Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;	SI
f)	Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;	SI
g)	Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	SI

8.3. Classe di duttilità

Le Norme Tecniche definiscono due tipi di comportamento per le costruzione soggette all'azione sismica, non dotate di appositi dispositivi d'isolamento e/o dissipativi:

a) Comportamento strutturale **non dissipativo**;

b) Comportamento strutturale **dissipativo**.

Per **comportamento strutturale non dissipativo**, nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico.

Per **comportamento strutturale dissipativo**, nella valutazione della domanda un numero elevato di membrature e/o collegamenti evolvono in campo plastico, mentre la restante parte della struttura rimane in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce e della tipologia strutturale, tenendo conto della capacità dissipativa legata alle non linearità di materiale. Se la capacità dissipativa è presa in conto implicitamente attraverso il fattore di comportamento q, si adotta un modello elastico; se la capacità dissipativa è presa in conto esplicitamente, si adotta un'adeguata legge costitutiva.

Una costruzione a comportamento strutturale dissipativo deve essere progettata per conseguire una delle due Classi di Duttilità (CD):

- Classe di Duttilità Alta (CD "A"), ad elevata capacità dissipativa;

- Classe di Duttilità Media (CD "B"), a media capacità dissipativa.

La struttura in esame è stata progettata con **comportamento strutturale dissipativo CD "B".**

8.4. Tipologia strutturale

La struttura, presenta uno schema con controventi concentrici in direzione longitudinale, mentre in direzione trasversale a pendolo inverso.

La struttura è stata classificata, in accordo al 7.5.2.1 delle NTC'18, come:

a) **Strutture intelaiate**: strutture a telaio, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali,

8.5. Fattore di comportamento

Il valore del fattore di comportamento di una struttura a comportamento dissipativo dipende dalla tipologia strutturale e viene definito al capitolo 7.3.1 della norma. La stessa norma fissa il valore limite superiore del fattore di comportamento:

$$q_{\lim} = q_0 \cdot K_R$$

Il valore del q_0 si ricava dalla Tab. 7.3.II

	q_0	
Tipologia strutturale	CD"A"	CD"B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_u/α_1	3,0 α_u/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate Strutture con controventi eccentrici	5,0 α_u/α_1	4,0
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva Strutture con controventi concentrici a V	4,0 2,5	4,0 2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_u/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_u/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati	3,0	2,0
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni.	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		2,5

Il valore di $K_R = 1$ si assume per le strutture regolari in elevazione.

Utilizzando i parametri sopra definiti si ricava il valore limite:

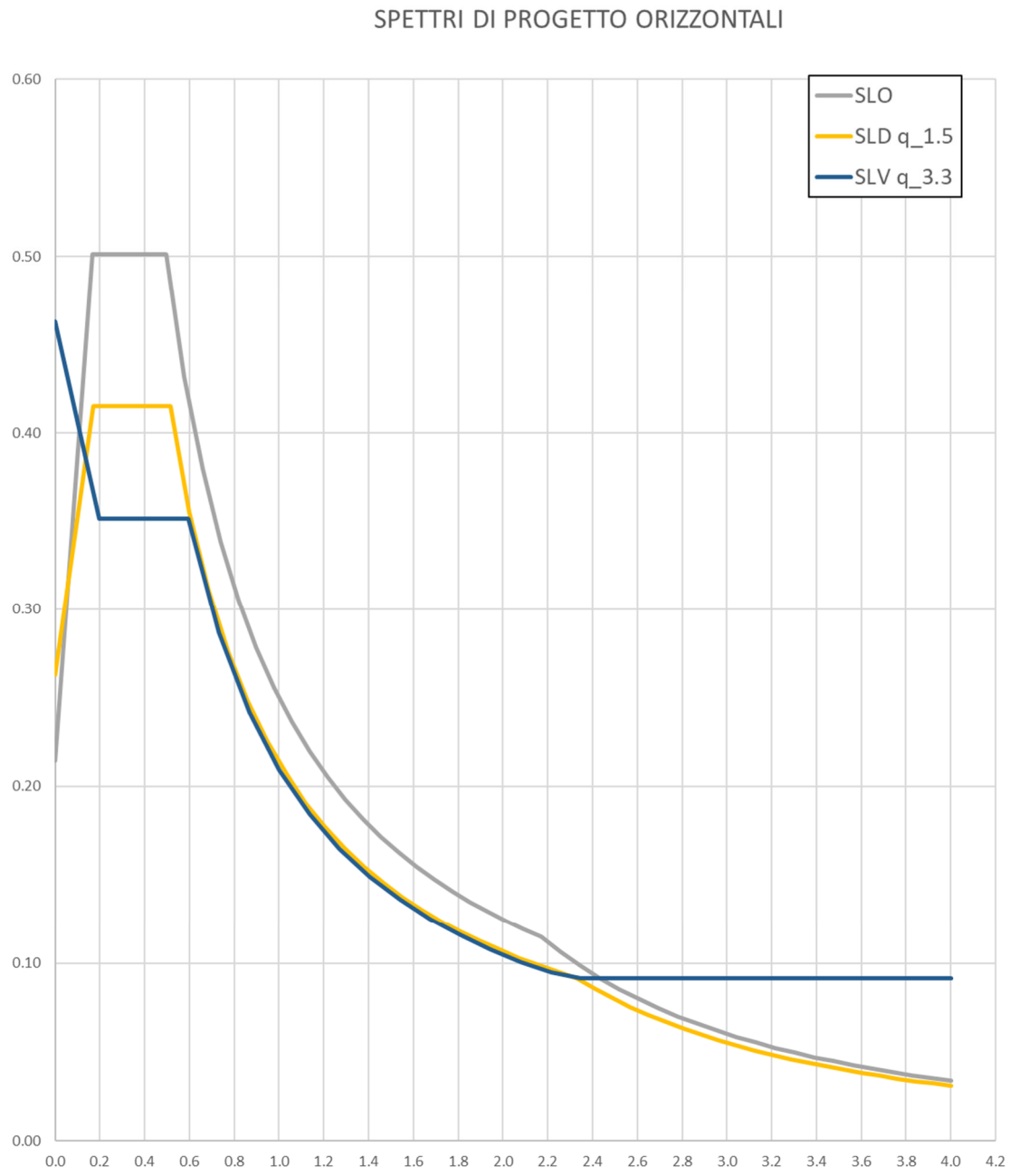
Tab. 7.3.I – *Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica*

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	q = 1.0 § 3.2.3.4	q = 1.0 § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
SLU	SLV	q ≥ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

STATI LIMITE		FATTORE DI COMPORTAMENTO
SLE	SLO	1
	SLD	1.50
SLU	SLV	3.30
	SLC	-

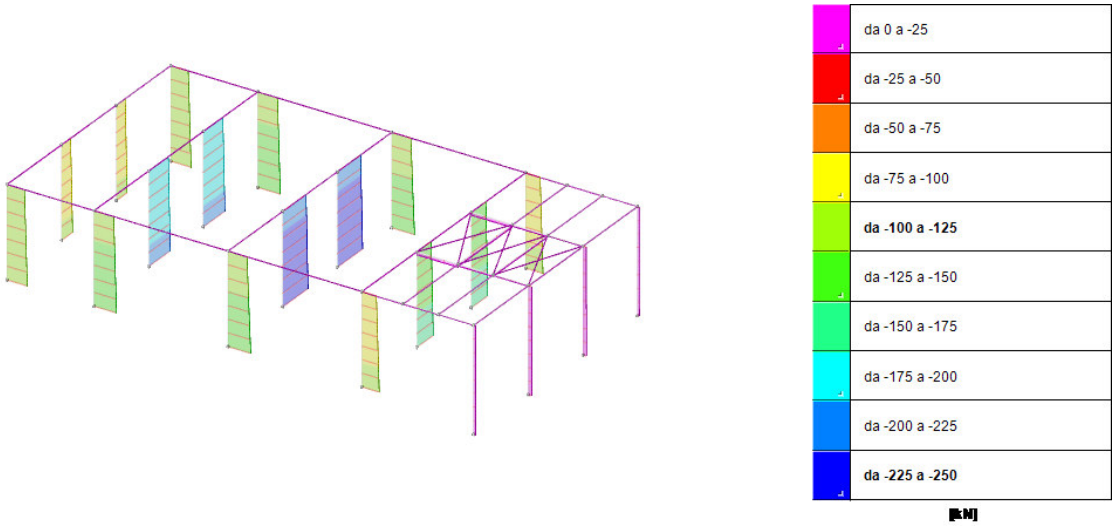
8.6. Spettri di progetto orizzontali

Si riporta di seguito il grafico degli spettri di progetto ricavati applicando i fattori di comportamento come precedentemente descritti.

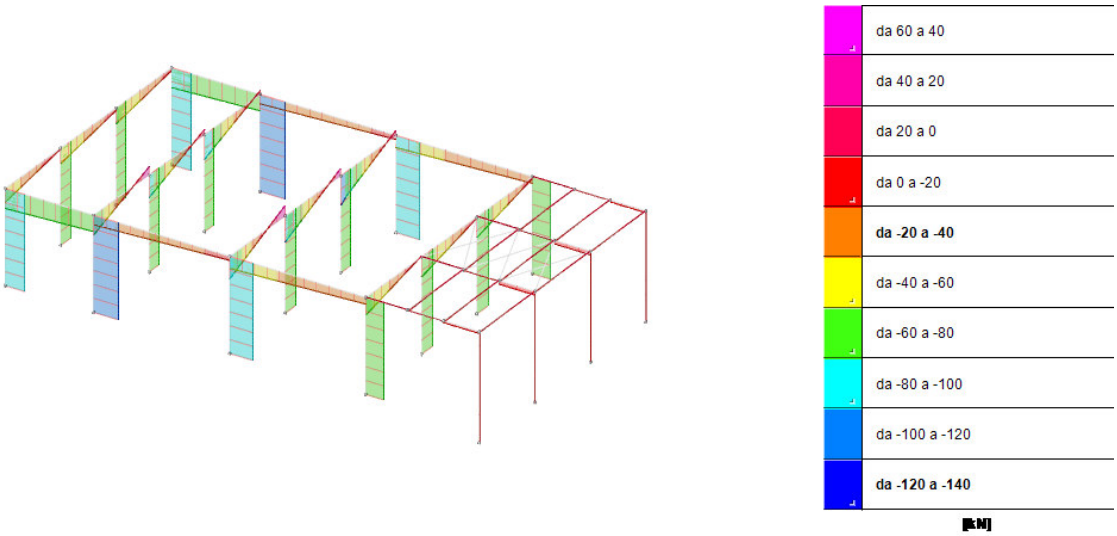


9. RISULTATI DI CALCOLO

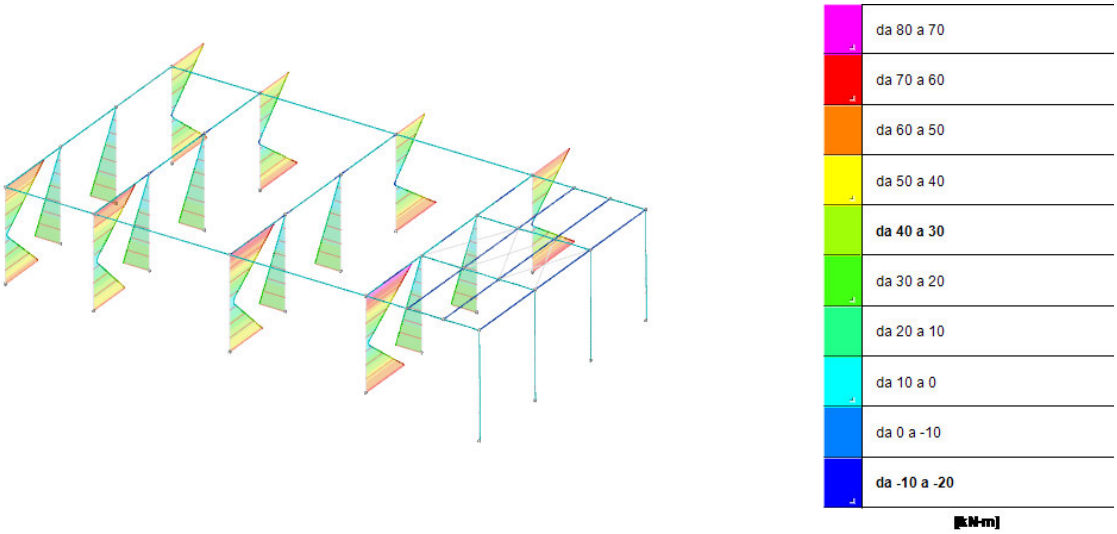
9.1. Sollecitazioni



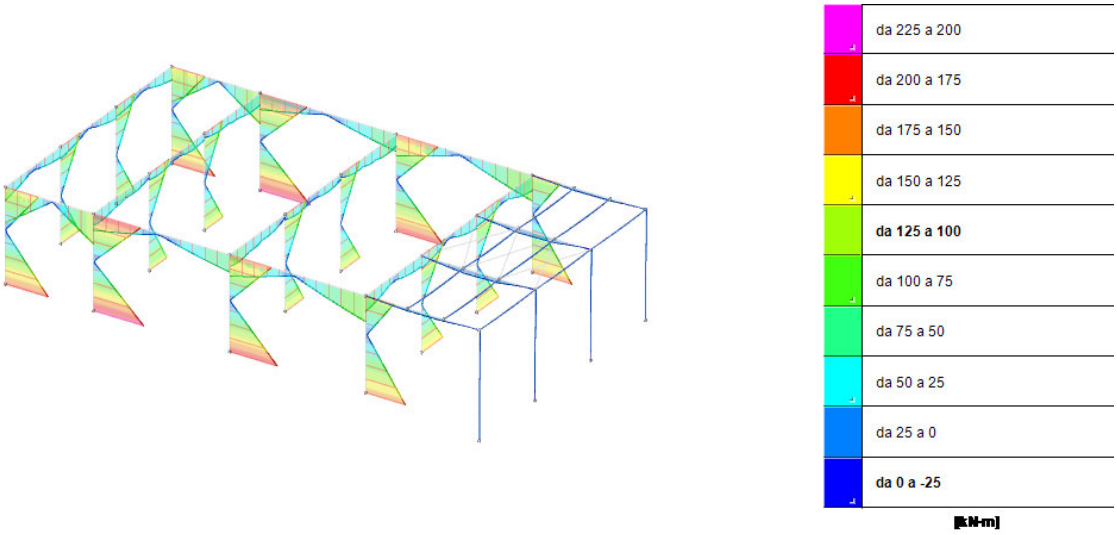
Inviluppo N massimi sulle colonne



Inviluppo F2 massimi



Inviluppo M2 massimi



Inviluppo M3 massimi

9.2. Spostamenti

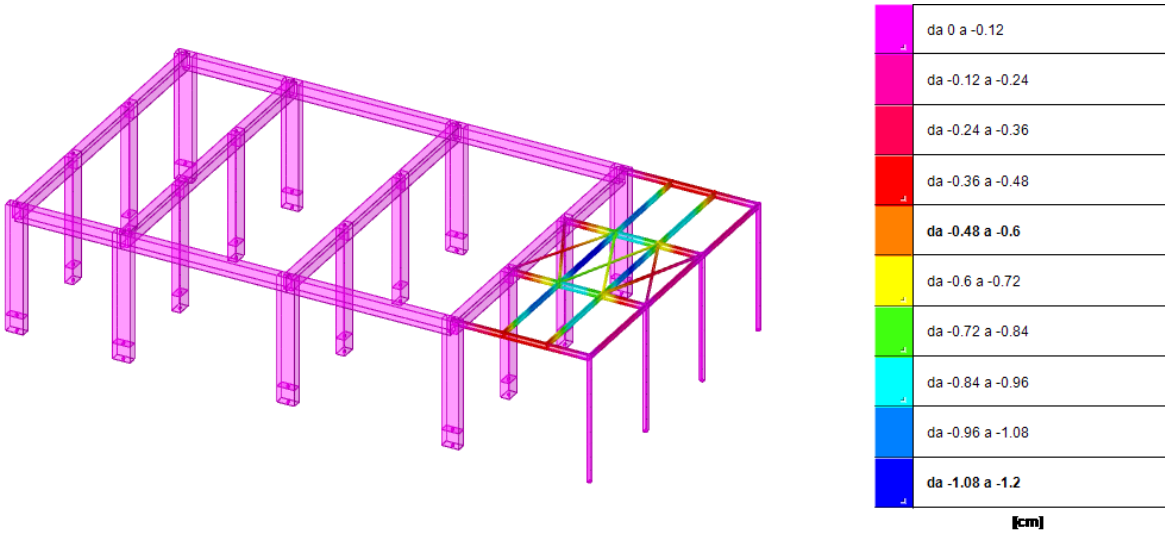
Nelle immagini seguenti si riportano alcuni grafici relativi agli spostamenti dei principali elementi strutturali.

Nello specifico:

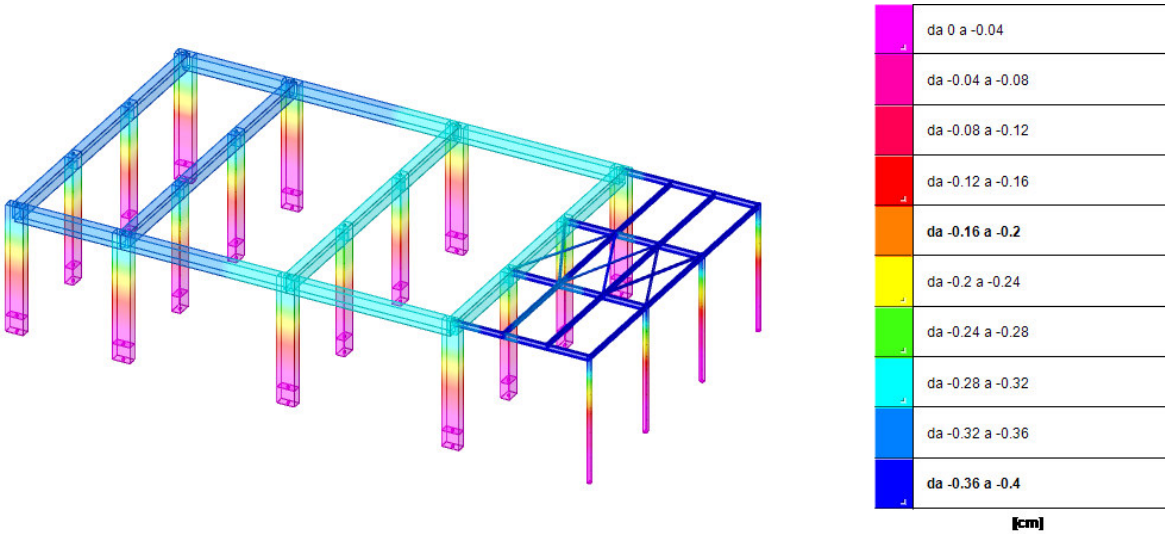
- Spostamenti massimi in direzione verticale per combinazioni SLE;

- Spostamenti in direzione X con sisma nella combinazione SLV1 (Sisma X 100% + Sisma Y 30%);

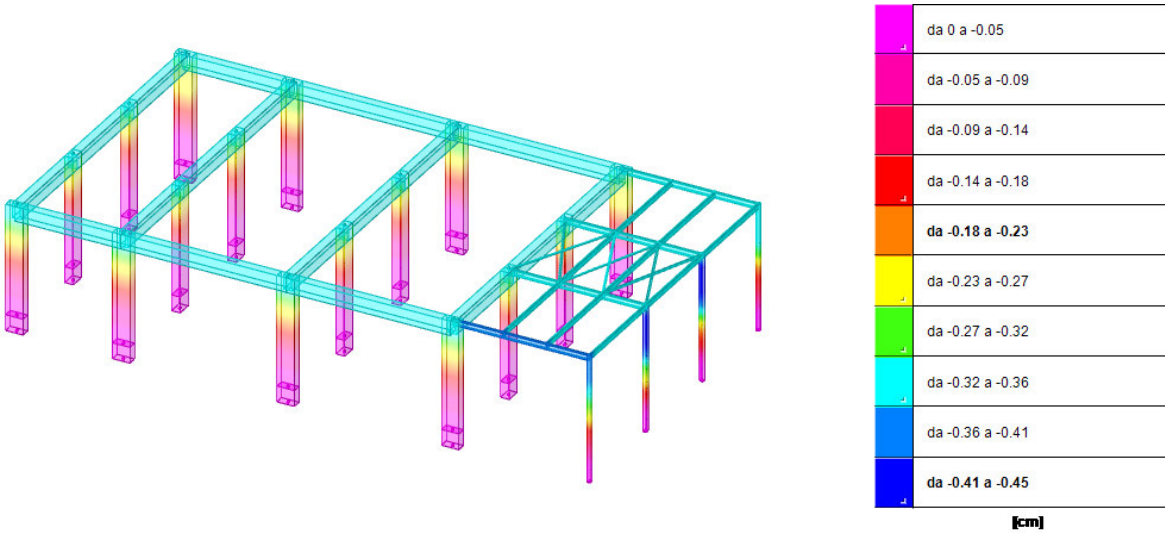
- Spostamenti in direzione Y con sisma nella combinazione SLV5 (Sisma X 30% + Sisma Y 100%).



Spostamenti in direzione Z combinazione SLE



Spostamenti in direzione X combinazione SLV1



Spostamenti in direzione Y combinazione SLV5

10. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTAZIONE DEI RISULTATI

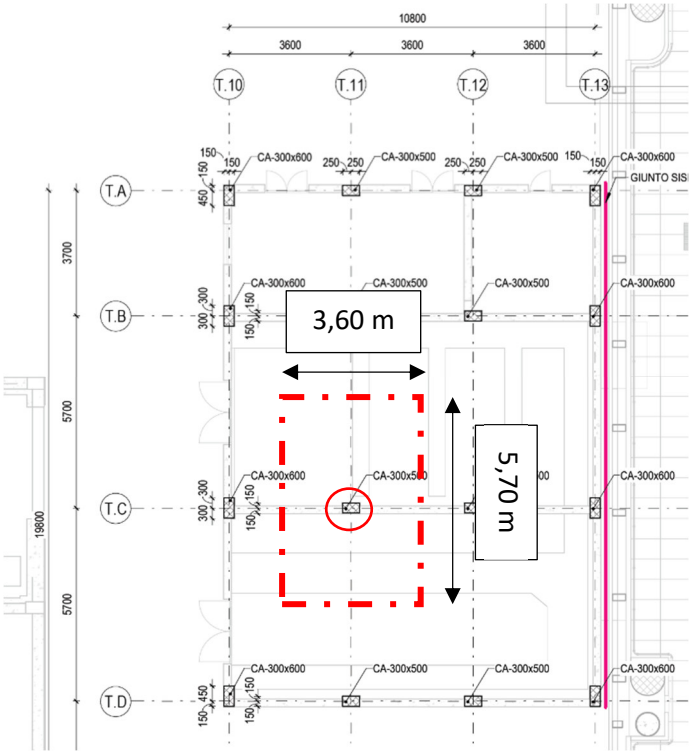
Nel presente capitolo si eseguono dei calcoli manuali da confrontare con i risultati ottenuti dal programma di calcolo per verificare la correttezza delle elaborazioni eseguite.

Per eseguire tali confronti si prende in considerazione:

- Lo sforzo normale agente su una colonna in combinazione SLU;
- Il taglio totale alla base della struttura in combinazione sismica SLV.

10.1. Sforzo normale su colonna

Si fa riferimento ad un pilastro in posizione centrale, sul quale agiscono i carichi verticali derivanti dall'area di influenza interessata.



L'area di influenza dei carichi su tale colonna è pari a:

$$A_{inf} = 3{,}60 * 5{,}70 = 20{,}52\ m^2$$

Il carico di superfice, in combinazione SLU con solo carico variabile da neve, che insiste sull'area di influenza individuata è pari a:

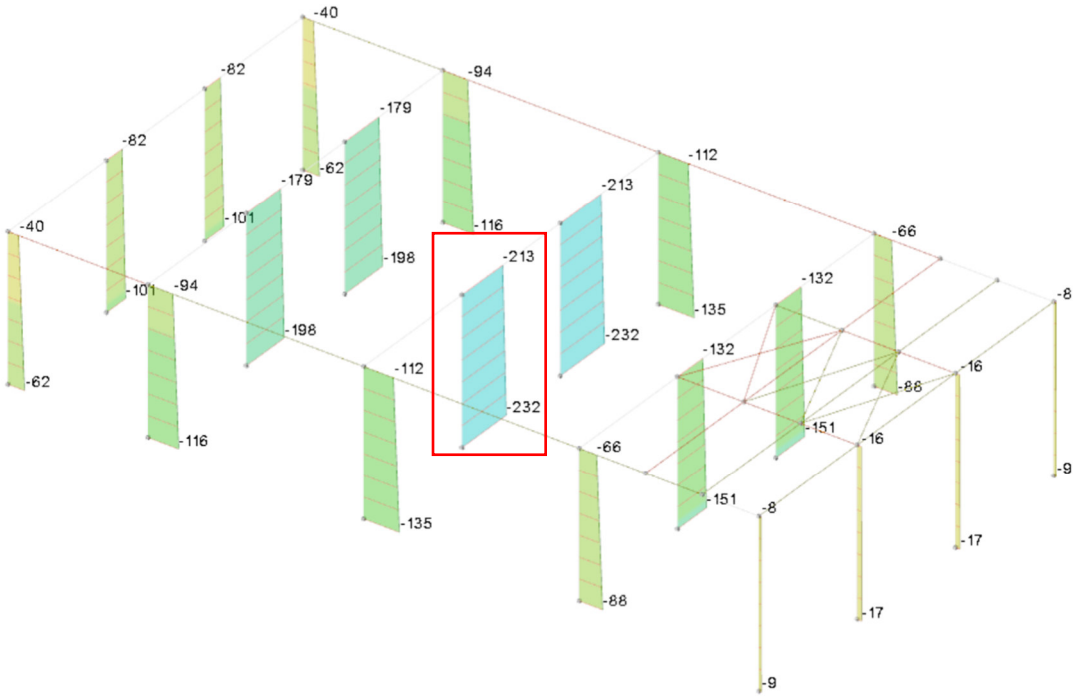
$$q_{SLU} = 1{,}3 * 3{,}58 + 1{,}5 * 2{,}20 + 1{,}5 * 0{,}55 = 8{,}78\ kN/m^2$$

Il peso degli elementi modellati che scaricano sulla colonna è di seguito riportato per tipo di elemento:

	$Peso\ totale$	$Coefficiente\ \gamma_{G1}$	$Peso\ per\ analisi$
$Trave\ 30x50\ cm$	$13{,}50\ kN$	$1{,}3$	$17{,}55\ kN$
$Pilastro\ 30x50\ cm$	$16{,}50\ kN$	$1{,}3$	$21{,}45\ kN$
			$39{,}00\ kN$

Lo sforzo normale totale derivante dai calcoli sopra riportati viene di seguito confrontato con lo sforzo normale derivante dall'analisi numerica eseguita con il programma di calcolo:

$Calcolo\ manuale$	$N_{Ed} = 219{,}00\ kN$	$-5{,}60\ \%$
$Calcolo\ numerico$	$N_{Ed} = 232{,}00\ kN$	



La sollecitazione derivata dal calcolo manuale differisce dal calcolo automatico per un valore inferiore al 10%.

10.2. Taglio totale alla base

Per verificare che la forzante sismica determinata dal programma di calcolo sia corretta si effettuerà un controllo sul tagliante totale alla base determinato mediante un calcolo manuale.

La seguente tabella riporta la massa sismica totale suddivisa per i vari elementi partecipanti:

$Solaio\ e\ pacchetto\ di\ copertura$	$5{,}78 * 15{,}10 * 10{,}80 = 942{,}60\ kN$
$Travi$	$275{,}25\ kN$
$Metà\ peso\ pilastri$	$\frac{290{,}40}{2} = 145{,}20\ kN$
$Metà\ peso\ muratura$	$\frac{717{,}95}{2} = 358{,}98\ kN$
$\boldsymbol{Massa\ sismica\ totale}$	$\boldsymbol{1722{,}03\ kN}$

Dall'analisi modale si evince che il periodo di riferimento per la determinazione dell'azione sismica ricade nel tratto del plateau dello spettro di progetto per entrambe le direzioni principali. Si ricava il valore dell'accelerazione agente:

$$a_g/_g = 0{,}35$$

Il tagliante sismico alla base derivante da queste valutazioni è quindi pari a:

$$F_{sismica} = 1722 * 0{,}35 = 602{,}71\ kN$$

Fondazione	SLV 1	-613.71	-183.42	-2570.91	977.21	206.94	-963.38
Fondazione	SLV 2	-613.71	-183.42	-2570.91	977.83	206.94	-963.38
Fondazione	SLV 3	-613.71	183.42	-2570.91	977.21	-211.37	-972.64
Fondazione	SLV 4	-613.71	183.42	-2570.91	977.83	-211.37	-972.64
Fondazione	SLV 5	-184.11	-611.4	-2570.91	293	694.97	-952.57
Fondazione	SLV 6	-184.11	-611.4	-2570.91	293.51	694.97	-952.57
Fondazione	SLV 7	-184.11	611.4	-2570.91	293	-699.39	-983.44
Fondazione	SLV 8	-184.11	611.4	-2570.91	293.51	-699.39	-983.44
Fondazione	SLV 9	184.11	-611.4	-2570.91	-293.51	694.97	-952.57
Fondazione	SLV 10	184.11	-611.4	-2570.91	-293	694.97	-952.57
Fondazione	SLV 11	184.11	611.4	-2570.91	-293.51	-699.39	-983.44
Fondazione	SLV 12	184.11	611.4	-2570.91	-293	-699.39	-983.44
Fondazione	SLV 13	613.71	-183.42	-2570.91	-977.83	206.94	-963.38
Fondazione	SLV 14	613.71	-183.42	-2570.91	-977.21	206.94	-963.38
Fondazione	SLV 15	613.71	183.42	-2570.91	-977.83	-211.37	-972.64
Fondazione	SLV 16	613.71	183.42	-2570.91	-977.21	-211.37	-972.64

La seguente tabella riporta il confronto tra i taglianti alla base determinati dal software e i taglianti determinati da semplice calcolo manuale:

$Calcolo\ manuale$	$F_{sismica} = 602{,}71\ kN$
$Calcolo\ numerico$	$F_{sismica} = 613{,}71\ kN$
$Differenza$	$-1{,}79\%$

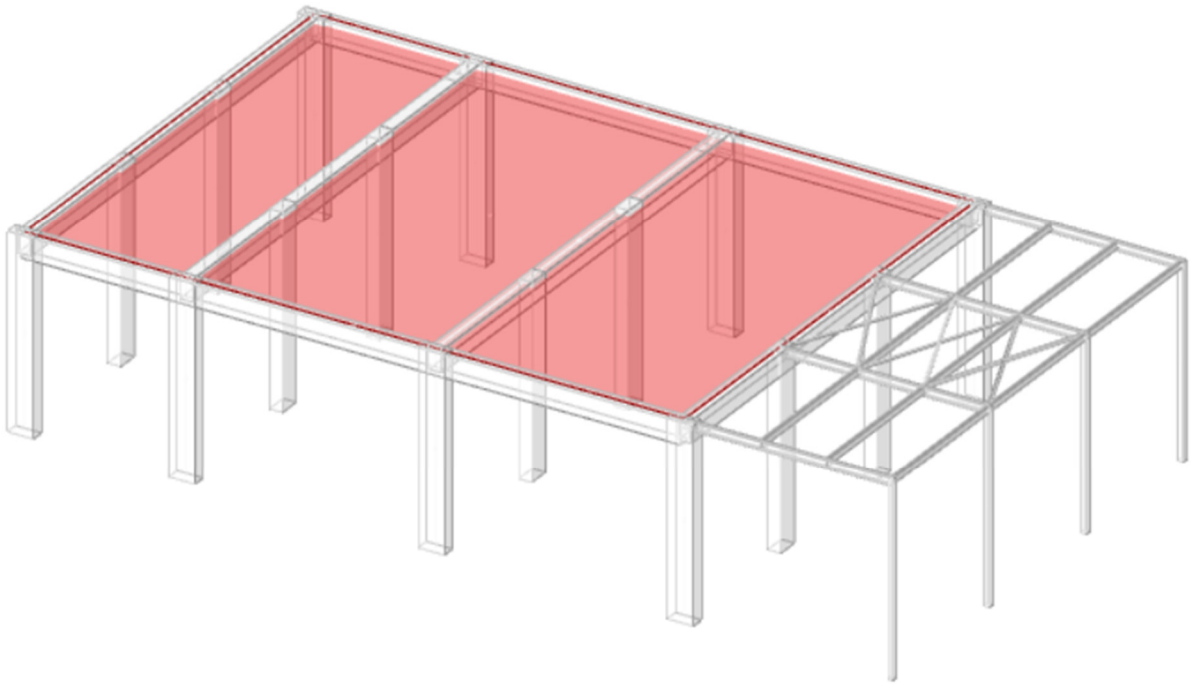
Le differenze tra i valori sono inferiori al 2% in entrambe le direzione principali.

11. VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

11.1. Solaio tipo predalles

I solai di impalcato sono previsti con lastre tipo predalles 4+16 cm e cappa collaborante di 5 cm. Il solaio è da intendersi su 3 campate e la luce massima tra gli assi delle travi di appoggio è di 5,70 metri.

Il carico di progetto, comprensivo di permanenti non strutturali e carichi variabili al netto del peso proprio del solaio, è pari a $\mathbf{2,75\ kN/m^2}$.

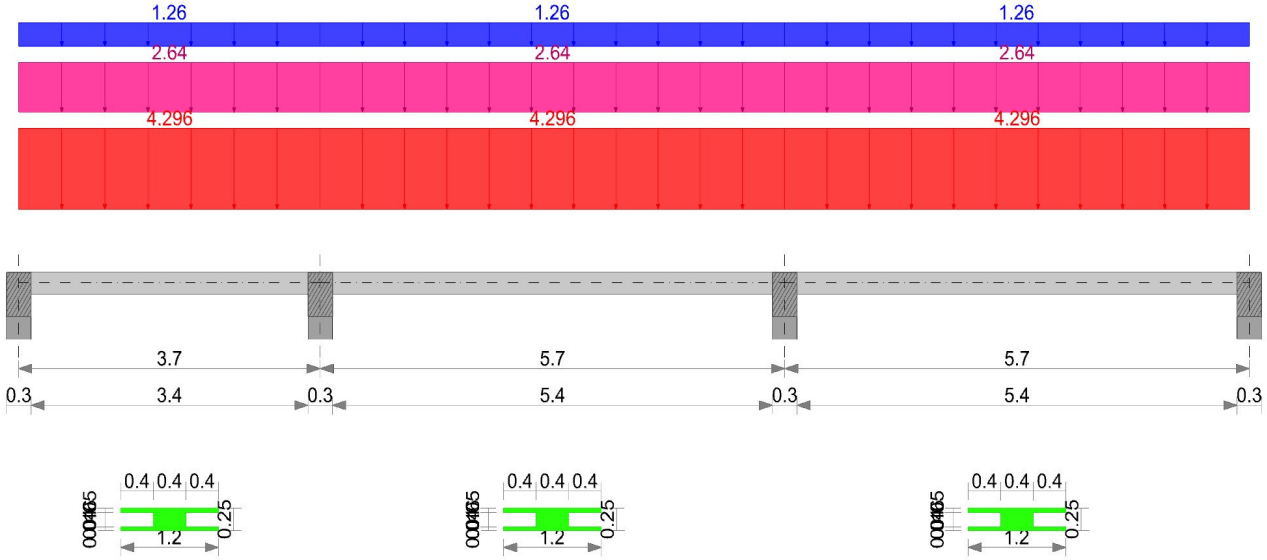


Si riporta di seguito il tabulato di verifica del solaio in oggetto.

Solaio di Copertura

Verifica di solaio condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000
Calcestruzzo: C25/30 Rck 30000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Int.	B anima	Altezza	H cappa	H lastra	C. sup.	C. inf.	C. inf. agg.	Peso
1	Pre 40x(4+16+5)/120	Predalle	1.2	0.4	0.25	0.05	0.04	0.01	0.01	0.04	3.58

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi ascissa 15 - ascissa 385

Luce: 3.7;
sezione n° 1 - Pre 40x(4+16+5)/120
Ampiezza senza alleggerimento sx: 0.15
Ampiezza senza alleggerimento dx: 0.15

Campata 2 tra gli appoggi ascissa 385 - ascissa 955

Luce: 5.7;
sezione n° 1 - Pre 40x(4+16+5)/120
Ampiezza senza alleggerimento sx: 0.15
Ampiezza senza alleggerimento dx: 0.15

Campata 3 tra gli appoggi ascissa 955 - ascissa 1525

Luce: 5.7;
sezione n° 1 - Pre 40x(4+16+5)/120
Ampiezza senza alleggerimento sx: 0.15
Ampiezza senza alleggerimento dx: 0.15

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Fittizio	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio
1		No	0.3	0	0	
2		No	0.3	0	0	
3		No	0.3	0	0	
4		No	0.3	0	0	

Elenco dei carichi

.

Campata 1
Carico uniforme: permanente 4.3; permanente portato 2.64; variabile 1.26
Campata 2
Carico uniforme: permanente 4.3; permanente portato 2.64; variabile 1.26
Campata 3
Carico uniforme: permanente 4.3; permanente portato 2.64; variabile 1.26

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

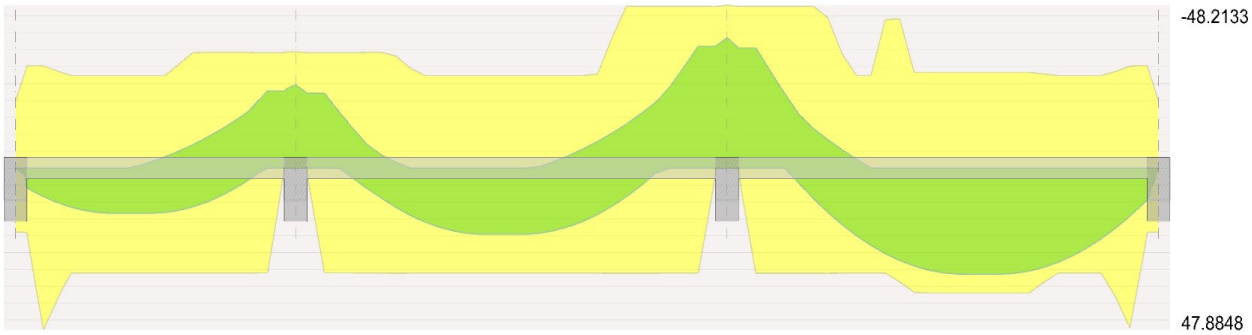


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

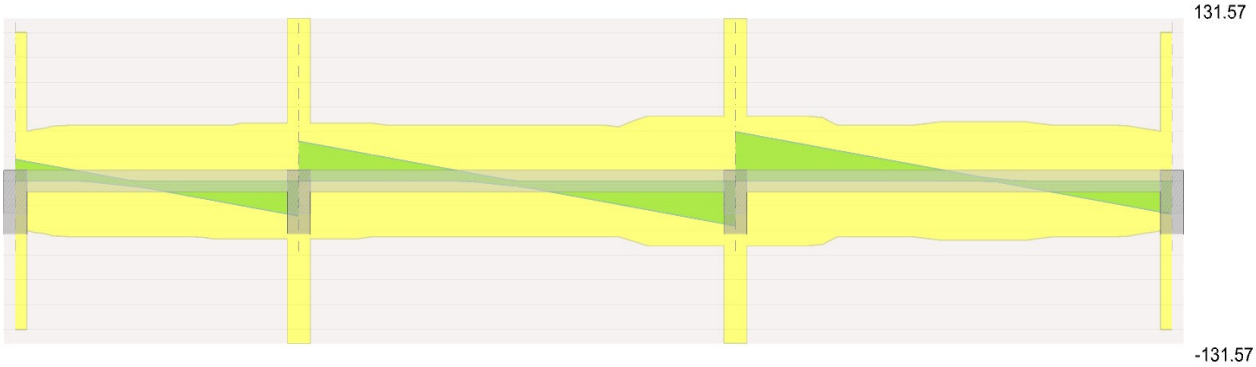
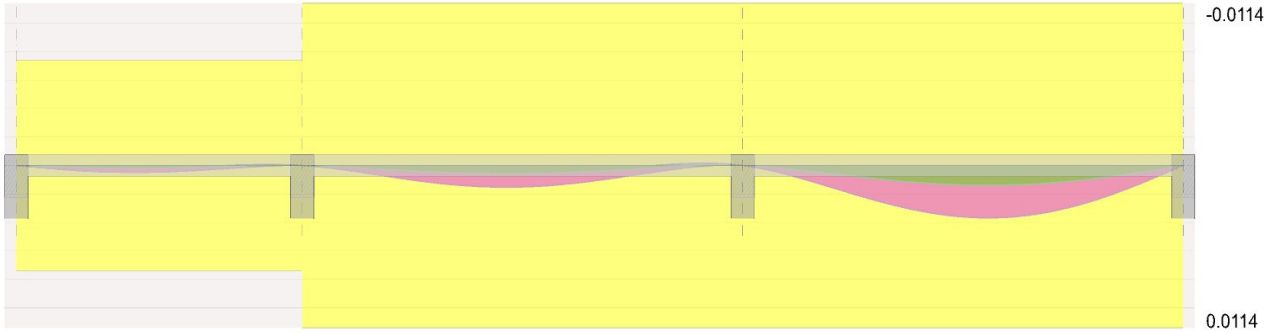


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000177	0.014	0.000236	0.045						0	0	-19.704	0.051	+∞	Si
0.15	0.0003	0.014	0.000236	0.045	2.4963	5.868	19.0684	0.054	3.25						Si
1.85	0.000302	0.014	0.000339	0.013	12.8064	13.3406	31.1278	0.051	2.33	-0.6612	-2.3118	-27.4042	0.052	11.85	Si
3.55	0.00038	0.014	0	0						-22.7817	-22.7817	-34.2082	0.062	1.5	Si
3.7	0.00038	0.014	0	0						-26.9174	-24.6462	-34.4205	0.047	1.4	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
0	0.000236	17.5	17.5	120.4	Si

0.15	0.000236	15.78	15.78	40.13	Si
1.85	0.000339	-7.27	-7.27	-45.25	Si
3.55	0.00038	-26.71	-26.71	-46.9	Si
3.7	0.00038	-28.43	-28.43	-131.57	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	14940	0	360000	0	0	0	11205			Si
0.15	1.5994	3.72	329	14940	5323	360000	1.533	3.5614	315	11205			Si
1.85	6.8379	7.5169	652	14940	10291	360000	6.4145	7.0996	616	11205			Si
3.55	-14.8314	-14.8314	1537	11952	20575	360000	-14.2391	-14.2391	1475	8964			Si
3.7	-17.7325	-16.1646	1259	14940	18273	360000	-17.0452	-15.5309	1210	11205			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità in fase finale a soletta gettata

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
0.15	0.00003	0.00002	0.00003	0.00001	0.00003	0.00002	0.00003	0.00002	0.00003	0.00002	0.00008	0.00004	9999	Si
1.48	0.0002	0.00008	0.00019	0.00008	0.00019	0.00008	0.00018	0.00008	0.00018	0.00009	0.00049	0.00024	7549	Si
1.85	0.00019	0.00006	0.00018	0.00006	0.00018	0.00007	0.00017	0.00006	0.00018	0.00007	0.00047	0.00019	7934	Si
3.55	0	-0.00002	0	-0.00002	0	-0.00002	0	-0.00002	0	-0.00002	0	-0.00004	9999	Si

Campata 2

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.00038	0.014	0	0						-26.9174	-24.6462	-34.4205	0.047	1.4	Si
0.15	0.00038	0.014	0	0						-22.2257	-22.2257	-34.2082	0.062	1.54	Si
2.85	0.000302	0.014	0.000339	0.013	19.6034	19.6358	31.1278	0.051	1.59						Si
5.55	0.000537	0.014	0	0						-36.1362	-36.1362	-47.7935	0.088	1.32	Si
5.7	0.000537	0.014	0	0						-41.4633	-38.6045	-48.2133	0.066	1.25	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
0	0.00038	32.14	32.14	131.57	Si
0.15	0.00038	30.42	30.42	46.9	Si
2.85	0.000339	-4.19	-4.19	-45.25	Si
5.55	0.000537	-34.66	-34.66	-52.61	Si
5.7	0.000537	-36.37	-36.37	-131.49	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-17.7325	-16.1646	1259	14940	18273	360000	-17.0452	-15.5309	1210	11205			Si
0.15	-14.5462	-14.5462	1507	11952	20180	360000	-13.973	-13.973	1448	8964			Si
2.85	11.617	11.7927	1023	14940	16146	360000	11.0383	11.2225	974	11205			Si
5.55	-25.5303	-25.5303	2622	11952	34334	360000	-24.7115	-24.7115	2538	8964			Si
5.7	-29.2923	-27.2601	2102	14940	30107	360000	-28.3528	-26.3846	2035	11205			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità in fase finale a soletta gettata

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
0.15	0.00003	0.00001	0.00002	0	0.00003	0.00001	0.00002	0	0.00003	0.00001	0.00006	0.00002	9999	Si
2.66	0.00061	0.00028	0.00059	0.00027	0.00059	0.0003	0.00057	0.00028	0.00057	0.00031	0.00153	0.00082	3737	Si
2.85	0.00061	0.00027	0.00058	0.00026	0.00059	0.00028	0.00056	0.00027	0.00057	0.0003	0.00151	0.00079	3776	Si
5.55	0	-0.00003	-0.00001	-0.00004	0	-0.00003	-0.00001	-0.00004	-0.00001	-0.00003	-0.00002	-0.00009	9999	Si
5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999	Si

Campata 3

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000537	0.014	0	0						-41.4633	-38.6045	-48.2133	0.066	1.25	Si
0.15	0.000537	0.014	0	0						-35.6124	-35.6124	-47.9059	0.082	1.35	Si
2.85	0.000302	0.014	0.000418	0.019	30.0139	31.0128	37.0503	0.057	1.19						Si
4.37	0.000302	0.014	0.000339	0.013	25.5648	27.9335	31.1278	0.051	1.11						Si
5.55	0.0003	0.014	0.000236	0.045	3.8952	9.4538	19.0684	0.054	2.02						Si
5.7	0.000177	0.014	0.000236	0.045	0	0	19.0007	0.05	+∞						Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	Asl	Vela	Vdes	Vrd	Verifica
0	0.000537	39.86	39.86	131.49	Si
0.15	0.000537	38.15	38.15	52.61	Si

2.85	0.000418	7.27	7.27	47.98	Si
5.55	0.000236	-25.11	-25.11	-40.13	Si
5.7	0.000236	-26.83	-26.83	-120.4	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-29.2923	-27.2601	2102	14940	30107	360000	-28.3528	-26.3846	2035	11205			Si
0.15	-25.1099	-25.1099	2444	11952	31988	360000	-24.3	-24.3	2365	8964			Si
2.85	19.7192	20.5824	1784	14940	27901	360000	18.9496	19.7997	1716	11205			Si
5.55	2.6975	6.5344	578	14940	9350	360000	2.606	6.3115	558	11205			Si
5.7	0	0	0	14940	0	360000	0	0	0	11205			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità in fase finale a soletta gettata

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
0.15	0.00005	0.00002	0.00005	0.00002	0.00005	0.00002	0.00005	0.00002	0.00005	0.00002	0.00012	0.00006	9999	Si
2.85	0.00142	0.00103	0.00136	0.00098	0.00139	0.00103	0.00133	0.00099	0.00136	0.00104	0.00362	0.00277	1577	Si
3.23	0.00145	0.00106	0.00139	0.00101	0.00142	0.00107	0.00136	0.00102	0.00139	0.00108	0.00368	0.00285	1548	Si
5.55	0.00014	0.0001	0.00013	0.0001	0.00014	0.00011	0.00013	0.0001	0.00013	0.00011	0.00035	0.00028	9999	Si
5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999	Si

Reazioni vincolari

Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	ascissa 15	17.5	5.57	11.277	8.287	11.046	8.355	10.816	8.423
2	ascissa 385	60.565	28.588	41.812	33.796	41.096	33.882	40.381	33.968
3	ascissa 955	76.235	41.217	54.193	45.415	53.339	45.439	52.485	45.464
4	ascissa 1525	26.826	12.926	18.598	15.114	18.284	15.148	17.969	15.182

Significato dei simboli utilizzati:

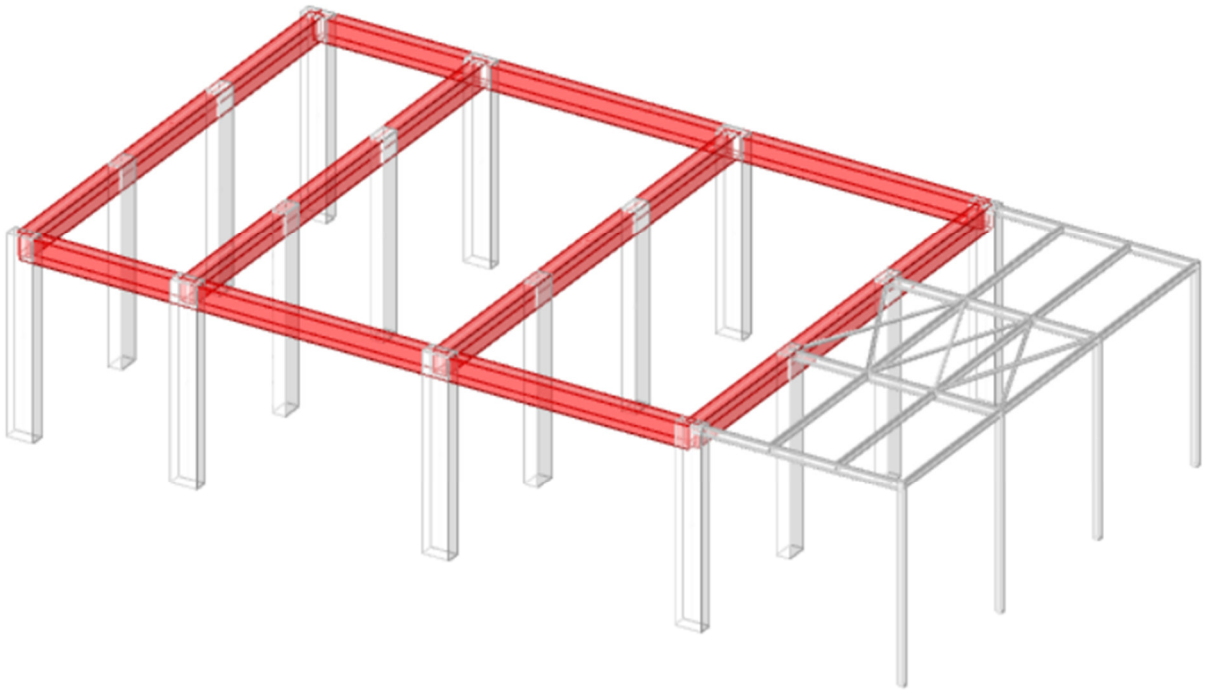
Le unità di misura elencate sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

***N°**: indice progressivo.*
***Descrizione**: descrizione della sezione.*
***Tipo**: tipo di sezione.*
***Int.**: interasse. [m]*
***B anima**: larghezza dell'anima. [m]*
***Altezza**: altezza della sezione. [m]*
***H cappa**: spessore della cappa. [m]*
***H lastra**: spessore della lastra prefabbricata. [m]*
***C. sup.**: minima distanza del bordo superiore della armatura superiore dalla superficie del getto. [m]*
***C. inf.**: minima distanza del bordo inferiore della armatura inferiore dalla superficie del getto. [m]*
***C. inf. agg.**: minima distanza del bordo inferiore della armatura inferiore aggiuntiva dalla superficie del getto. [m]*
***Peso**: peso per unità di supeficie. [kN/m²]*
***Descrizione**: nome dell'appoggio.*
***Fittizio**: indica se l'appoggio è fittizio o reale.*
***Larghezza inferiore**: larghezza della porzione inferiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione superiore. [m]*
***Larghezza superiore**: larghezza della porzione superiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione inferiore. [m]*
***Sfalsamento**: sfalsamento asse della porzione superiore rispetto all'asse della porzione inferiore, misurata in orizzontale. [m]*
***Rigidezza appoggio**: permette di considerare l'appoggio come fisso o cedevole in direzione verticale con legge elastica lineare. [kN/m]*
***x**: distanza da asse appoggio sinistro. [m]*
***A sup.**: area efficace di armatura longitudinale superiore. [m²]*
***C.b. sup.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore. [m]*
***A inf.**: area efficace di armatura longitudinale inferiore. [m²]*
***C.b. inf.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore. [m]*
***M+ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori. [kN·m]*
***M+des**: momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori. [kN·m]*
***M+ult**: momento ultimo per trazione delle fibre inferiori. [kN·m]*
***x/d**: rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile.*
***coeff**: coefficiente di sicurezza.*
***M-ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori. [kN·m]*
***M-des**: momento flettente di progetto che tende le fibre superiori. [kN·m]*
***M-ult**: momento ultimo per trazione delle fibre superiori. [kN·m]*
***Verifica**: stato di verifica.*
***Asl**: area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio. [m²]*
***Vela**: sforzo di taglio elastico. [kN]*
***Vdes**: taglio di progetto. [kN]*
***Vrd**: [kN]*
***Rara**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Mela**: momento elastico. [kN·m]*

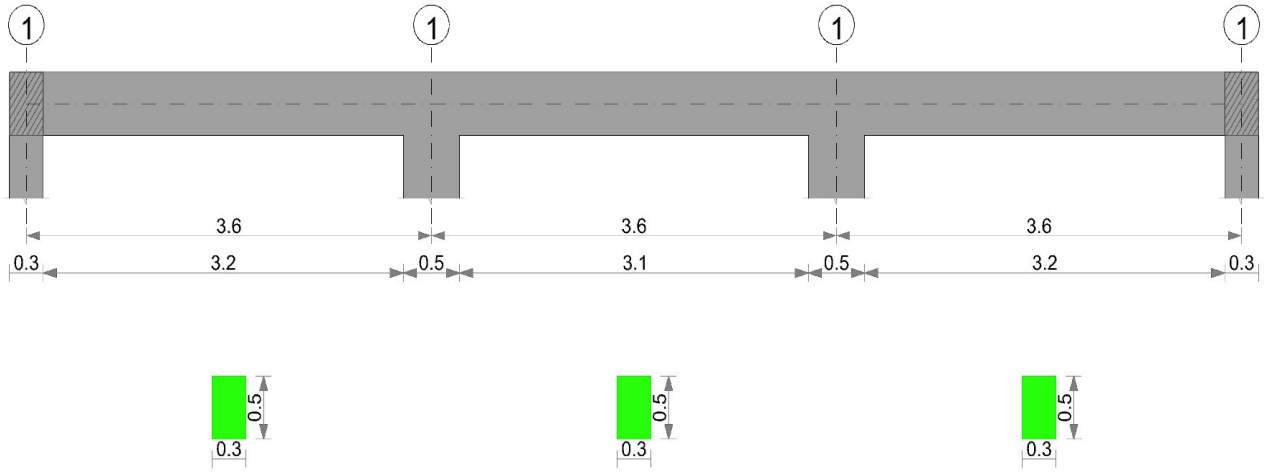
***Mdes**: momento di progetto. [kN·m]*
***σ c**: tensione di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]*
***σ c lim.**: tensione limite di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]*
***σ f.**: tensione di trazione nell'acciaio. [kN/m²]*
***σ f lim.**: tensione limite di trazione nell'acciaio. [kN/m²]*
***Elastica+**: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]*
***Elastica-**: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]*
***Fess.+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]*
***Fess.-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]*
***Quasi permanente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***σ FRP**: tensione di trazione nell'FRP. [kN/m²]*
***σ FRP lim.**: tensione limite di trazione nell'FRP. [kN/m²]*
***Fess. viscosa+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]*
***Fess. viscosa-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]*
***l/f**: rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente.*
***Frequente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Appoggio n.**: numero progressivo di appoggio.*
***Descrizione**: descrizione dell'appoggio.*
***SLU max**: reazione massima in SLU. [kN]*
***SLU min**: reazione minima in SLU. [kN]*
***Rara max**: reazione massima in SLE rara. [kN]*
***Rara min**: reazione minima in SLE rara. [kN]*
***Freq. max**: reazione massima in SLE frequente. [kN]*
***Freq. min**: reazione minima in SLE frequente. [kN]*
***Q.P. max**: reazione massima in SLE quasi permanente. [kN]*
***Q.P. min**: reazione minima in SLE quasi permanente. [kN]*

11.2. Travi Copertura

Le travi di copertura hanno sezione rettangolare 30x50 cm.



Si riporta di seguito la verifica di una delle travi che sorregge il solaio.



Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 450000
Calcestruzzo: C32/40 Rck 40000

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Base	Altezza	Copriferro sup.	Copriferro inf.	Copriferro lat.
1	R 30x50	Rettangolare	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

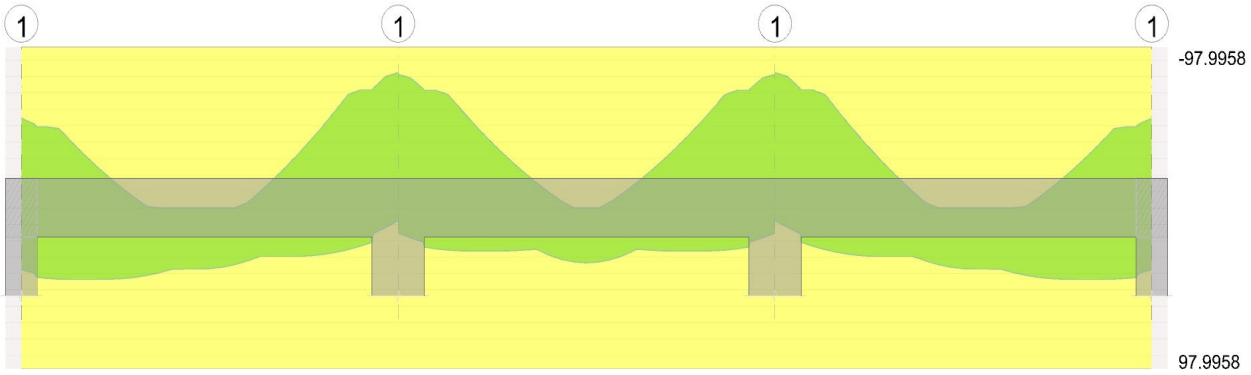


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

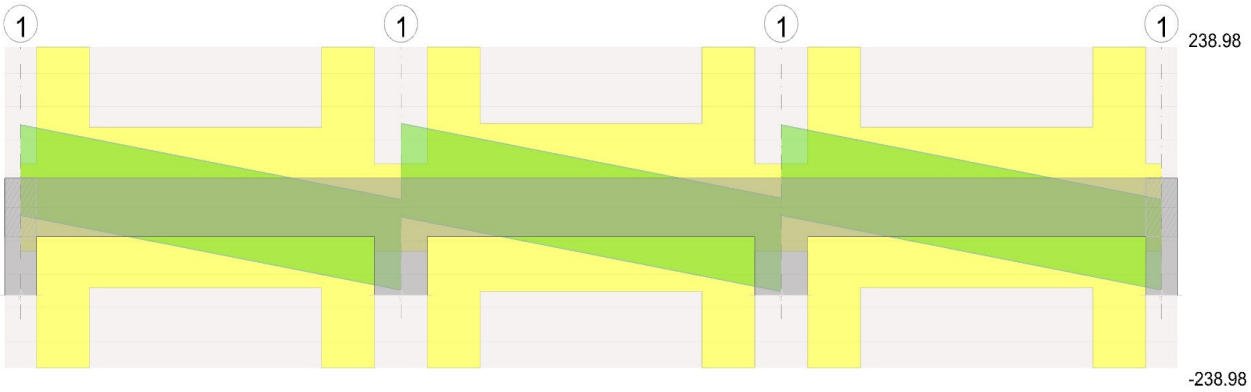
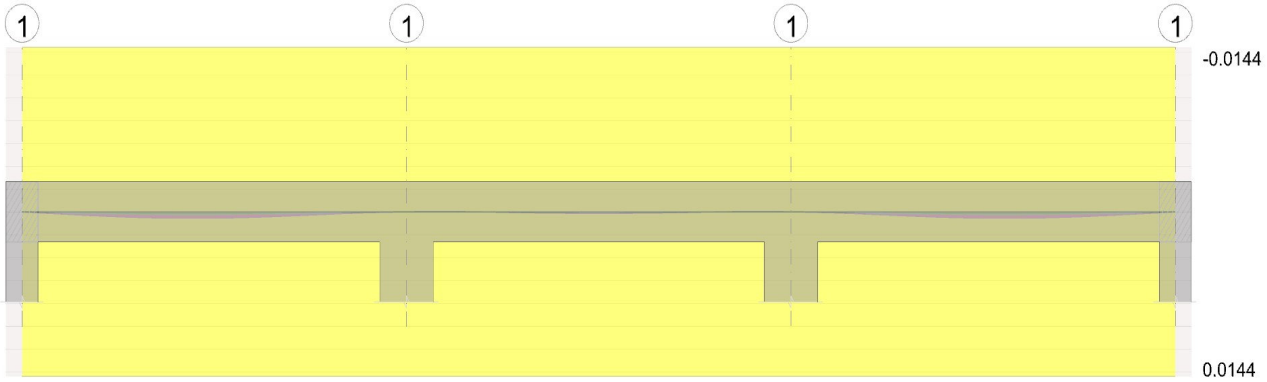


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1 tra i fili 1 - 1, sezione R 30x50, asta 39; campata a comportamento dissipativo

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-17.4308	SLU 32	-12.075	-97.9958	0.143	8.12	Si
0.15	0.000603	0.068	0.000603	0.068	-4.3126	SLU 1	4.5899	97.9958	0.143	21.35	-7.1916	SLU 32	-7.1916	-97.9958	0.143	13.63	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	35.3447	SLU 32	37.0118	97.9958	0.143	2.65							Si
3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-33.762	SLU 32	-43.1356	-97.9958	0.143	2.27	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-43.1356	SLU 32	-43.1356	-97.9958	0.143	2.27	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-66.5008	SLU 32	-54.0856	-97.9958	0.143	1.81	Si

Verifiche a flessione in famiglia SLV

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	37.653	SLV 14	37.653	97.9958	0.143	2.6	-60.1779	SLV 3	-54.6307	-97.9958	0.143	1.79	Si
0.15	0.000603	0.068	0.000603	0.068	40.1251	SLV 14	42.3647	97.9958	0.143	2.31	-49.3896	SLV 3	-49.3896	-97.9958	0.143	1.98	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	23.8714	SLV 3	28.41	97.9958	0.143	3.45							Si
3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068	18.9899	SLV 3	23.3395	97.9958	0.143	4.2	-62.8068	SLV 14	-71.9308	-97.9958	0.143	1.36	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068	15.9644	SLV 3	20.9982	97.9958	0.143	4.67	-71.9308	SLV 14	-71.9308	-97.9958	0.143	1.36	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	7.7528	SLV 3	7.7528	97.9958	0.143	12.64	-94.0026	SLV 14	-82.4921	-97.9958	0.143	1.19	Si

Verifiche SLD Resistenza a flessione

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	45.8826	SLD 14	45.8826	97.9958	0.143	2.14	-68.4074	SLD 3	-62.5105	-97.9958	0.143	1.57	Si
0.15	0.000603	0.068	0.000603	0.068	47.6551	SLD 14	48.9881	97.9958	0.143	2	-56.9196	SLD 3	-56.9196	-97.9958	0.143	1.72	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	24.0365	SLD 3	29.1563	97.9958	0.143	3.36							Si
3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068	25.8709	SLD 3	29.3138	97.9958	0.143	3.34	-69.6878	SLD 14	-79.3247	-97.9958	0.143	1.24	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068	23.3584	SLD 3	27.4855	97.9958	0.143	3.57	-79.3247	SLD 14	-79.3247	-97.9958	0.143	1.24	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	16.3126	SLD 3	16.3126	97.9958	0.143	6.01	-102.5625	SLD 14	-90.469	-97.9958	0.143	1.08	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	72.27	SLU 32	72.27	65.09	548.6	0	65.09	1	0.9	Si
0.15	0.0000157	0.000603	0	65.11	SLU 32	65.11	65.09	548.6	238.98	238.98	1	3.67	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	-13.63	SLU 32	-13.63	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	8.77	Si
2.76	0.0000079	0.000603	0	-59.44	SLU 32	-59.44	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	2.01	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-87.6	SLU 32	-87.6	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.73	Si
3.6	0	0.000603	0	-99.53	SLU 32	-99.53	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.65	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLV

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	74.52	Ger.	123.02	65.09	548.6	0	65.09	1	0.53	Si
0	0	0.000603	0	19.08	Ger.	-11.72	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	5.55	Si
0.15	0.0000157	0.000603	0	69.88	Ger.	118.38	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.02	Si
0.15	0.0000157	0.000603	0	14.44	Ger.	-16.36	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	14.61	Si
0.72	0.0000079	0.000603	0	52.26	Ger.	100.76	65.09	548.6	119.49	119.49	1	1.19	Si
0.72	0.0000079	0.000603	0	-3.18	Ger.	-33.98	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	3.52	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	18.87	Ger.	67.37	65.09	548.6	119.49	119.49	1	1.77	Si

1.8	0.0000079	0.000603	0	-36.57	Ger.	-67.37	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	1.77	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-29.05	Ger.	19.45	65.09	548.6	238.98	238.98	1	12.29	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-84.49	Ger.	-115.29	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.07	Si
3.6	0	0.000603	0	-36.78	Ger.	11.72	65.09	548.6	0	65.09	1	5.55	Si
3.6	0	0.000603	0	-92.22	Ger.	-123.02	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.53	Si

Verifiche SLD Resistenza a taglio

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	79.18	SLD 3	79.18	65.09	548.6	0	65.09	1	0.82	Si
0.15	0.0000157	0.000603	0	74.54	SLD 3	74.54	65.09	548.6	238.98	238.98	1	3.21	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	23.53	SLD 3	23.53	65.09	548.6	119.49	119.49	1	5.08	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	-41.23	SLD 14	-41.23	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	2.9	Si
2.76	0.0000079	0.000603	0	-70.91	SLD 14	-70.91	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	1.68	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-89.15	SLD 14	-89.15	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.68	Si
3.6	0	0.000603	0	-96.88	SLD 14	-96.88	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.67	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara							Quasi permanente							Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-12.6126	5	-8.7347	586	19920	8795	360000	-11.2624	1	-7.7943	523	14940			Si
0.15	-5.1989	5	-5.1989	349	19920	5235	360000	-4.6323	1	-4.6323	311	14940			Si
1.8	25.5925	5	26.801	1799	19920	26985	360000	22.8903	1	23.9742	1609	14940			Si
3.35	-31.2502	5	-31.2502	2098	19920	31465	360000	-27.9832	1	-27.9832	1878	14940			Si
3.6	-48.172	5	-39.1806	2630	19920	39450	360000	-43.1249	1	-35.0795	2355	14940			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente							Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.	Fess. viscosa-	Comb.	l/f	
0.15	0.00004	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00007	1	0.00007	1	9999	Si
1.56	0.00028	0.00025	0.00024	0.00021	0.00026	0.00025	0.00022	0.00021	0.00025	0.00025	0.00055	1	0.00055	1	6499	Si
1.8	0.00028	0.00025	0.00023	0.00021	0.00025	0.00025	0.00021	0.00021	0.00025	0.00025	0.00054	1	0.00054	1	6630	Si
3.35	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.00004	1	0.00004	1	9999	Si

Verifiche duttilità in curvatura

x	bordo.	M'y	Mrd	Φ'yd	Φyd	Duttilità	Duttilità confinata	Domanda duttilità	Verifica
0.15	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.15	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.24	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.24	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
2.88	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
2.88	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.35	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.35	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si

Verifiche taglio ciclico nel piano Circolare 7 21-01-19 §C8.7.2.3.5, [C8.7.2.8]

Ascissa	Lv	x	h	ρ,tot	θ,m	θ,y	μΔ,pl	Vrd	VRcd(cotθ=1)	VRsd	Vw	Vr	Vu	Ved	Ned	Comb.	Verifica
0.3	2.6	0.062	0.5	0.009	0.00022	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	222.37	238.98	118.38	0	SLV 9	Si
3.5	2.574	0.062	0.5	0.009	0.00026	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	222.37	238.98	-115.29	0	SLV 1	Si

Valutazione dei tagli secondo gerarchia delle resistenze (γrd =1,1)

x	Taglio negativo				Taglio positivo			
	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela
0	55.65	-11.72	-61.25	19.08	55.65	123.02	61.25	74.52
0.15	51.01	-16.36	-61.25	14.44	51.01	118.38	61.25	69.88
1.8	0	-67.37	-61.25	-36.57	0	67.37	61.25	18.87
3.35	-47.92	-115.29	-61.25	-84.49	-47.92	19.45	61.25	-29.05
3.6	-55.65	-123.02	-61.25	-92.22	-55.65	11.72	61.25	-36.78

Campata 2 tra i fili 1 - 1, sezione R 30x50, asta 40; campata a comportamento dissipativo

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-59.0977	SLU 32	-48.3863	-97.9958	0.143	2.03	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-39.1401	SLU 32	-39.1401	-97.9958	0.143	2.5	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	18.2129	SLU 32	33.4729	97.9958	0.143	2.93							Si

3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-31.2659	SLU 32	-39.1401	-97.9958	0.143	2.5	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-39.1401	SLU 32	-39.1401	-97.9958	0.143	2.5	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-59.0977	SLU 32	-48.3863	-97.9958	0.143	2.03	Si

Verifiche a flessione in famiglia SLV

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	15.446	SLV 16	15.446	97.9958	0.143	6.34	-92.0476	SLV 1	-81.3799	-97.9958	0.143	1.2	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068	20.9179	SLV 16	23.8212	97.9958	0.143	4.11	-71.6613	SLV 1	-71.6613	-97.9958	0.143	1.37	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	11.9666	SLV 7	17.0003	97.9958	0.143	5.76							Si
3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068	22.7379	SLV 3	24.9571	97.9958	0.143	3.93	-63.279	SLV 14	-71.6613	-97.9958	0.143	1.37	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068	20.9179	SLV 3	23.8212	97.9958	0.143	4.11	-71.6613	SLV 14	-71.6613	-97.9958	0.143	1.37	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	15.446	SLV 3	15.446	97.9958	0.143	6.34	-92.0476	SLV 14	-81.3799	-97.9958	0.143	1.2	Si

Verifiche SLD Resistenza a flessione

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	24.4882	SLD 16	24.4882	97.9958	0.143	4	-101.0897	SLD 1	-89.7948	-97.9958	0.143	1.09	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068	28.7055	SLD 16	30.6333	97.9958	0.143	3.2	-79.4489	SLD 1	-79.4489	-97.9958	0.143	1.23	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	11.9983	SLD 7	17.9853	97.9958	0.143	5.45							Si
3.24	0.000603	0.068	0.000603	0.068	29.9735	SLD 3	31.2172	97.9958	0.143	3.14	-70.5146	SLD 14	-79.4489	-97.9958	0.143	1.23	Si
3.35	0.000603	0.068	0.000603	0.068	28.7055	SLD 3	30.6333	97.9958	0.143	3.2	-79.4489	SLD 14	-79.4489	-97.9958	0.143	1.23	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	24.4882	SLD 3	24.4882	97.9958	0.143	4	-101.0897	SLD 14	-89.7948	-97.9958	0.143	1.09	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	85.9	SLU 32	85.9	65.09	548.6	0	65.09	1	0.76	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	73.97	SLU 32	73.97	65.09	548.6	238.98	238.98	1	3.23	Si
2.76	0.0000082	0.000603	0	-45.81	SLU 32	-45.81	-65.09	-548.6	-125.18	-125.18	1	2.73	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-73.97	SLU 32	-73.97	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	3.23	Si
3.6	0	0.000603	0	-85.9	SLU 32	-85.9	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.76	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLV

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	85.48	Ger.	125.19	65.09	548.6	0	65.09	1	0.52	Si
0	0	0.000603	0	25.82	Ger.	-13.9	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	4.68	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	77.75	Ger.	117.47	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.03	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	18.09	Ger.	-21.63	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	11.05	Si
1.8	0.0000082	0.000603	0	29.83	Ger.	69.55	65.09	548.6	125.18	125.18	1	1.8	Si
1.8	0.0000082	0.000603	0	-29.83	Ger.	-69.55	-65.09	-548.6	-125.18	-125.18	1	1.8	Si
2.76	0.0000082	0.000603	0	0.15	Ger.	39.87	65.09	548.6	125.18	125.18	1	3.14	Si
2.76	0.0000082	0.000603	0	-59.51	Ger.	-99.22	-65.09	-548.6	-125.18	-125.18	1	1.26	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-18.09	Ger.	21.63	65.09	548.6	238.98	238.98	1	11.05	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-77.75	Ger.	-117.47	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.03	Si
3.6	0	0.000603	0	-25.82	Ger.	13.9	65.09	548.6	0	65.09	1	4.68	Si
3.6	0	0.000603	0	-85.48	Ger.	-125.19	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.52	Si

Verifiche SLD Resistenza a taglio

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	90.5	SLD 1	90.5	65.09	548.6	0	65.09	1	0.72	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	82.77	SLD 1	82.77	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.89	Si
1.8	0.0000082	0.000603	0	34.85	SLD 1	34.85	65.09	548.6	125.18	125.18	1	3.59	Si
1.8	0.0000082	0.000603	0	-34.85	SLD 14	-34.85	-65.09	-548.6	-125.18	-125.18	1	3.59	Si
2.76	0.0000082	0.000603	0	5.17	SLD 1	5.17	65.09	548.6	125.18	125.18	1	24.22	Si
2.76	0.0000082	0.000603	0	-64.53	SLD 14	-64.53	-65.09	-548.6	-125.18	-125.18	1	1.94	Si
3.35	0.0000157	0.000603	0	-82.77	SLD 14	-82.77	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.89	Si
3.6	0	0.000603	0	-90.5	SLD 14	-90.5	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.72	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara							Quasi permanente							Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-42.8012	5	-35.0446	2352	19920	35285	360000	-38.3008	1	-31.3617	2105	14940			Si
0.25	-28.3489	5	-28.3489	1903	19920	28544	360000	-25.3717	1	-25.3717	1703	14940			Si
1.8	13.1835	5	13.1835	885	19920	13274	360000	11.7832	1	11.7832	791	14940			Si
3.35	-28.3489	5	-28.3489	1903	19920	28544	360000	-25.3717	1	-25.3717	1703	14940			Si
3.6	-42.8012	5	-35.0446	2352	19920	35285	360000	-38.3008	1	-31.3617	2105	14940			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente							Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.	Fess. viscosa-	Comb.	l/f	
0.25	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00003	1	-0.00003	1	9999	Si
1.8	0.00009	0.00008	0.00005	0.00005	0.00008	0.00008	0.00005	0.00005	0.00008	0.00008	0.00013	1	0.00013	1	9999	Si
3.35	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00003	1	-0.00003	1	9999	Si

Verifiche duttilità in curvatura

x	bordo.	M'y	Mrd	Φ'yd	Φyd	Duttilità	Duttilità confinata	Domanda duttilità	Verifica
0.25	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.25	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.72	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.72	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
2.88	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
2.88	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.35	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.35	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si

Verifiche taglio ciclico nel piano Circolare 7 21-01-19 §C8.7.2.3.5, [C8.7.2.8]

Ascissa	Lv	x	h	ρ,tot	θ,m	θ,y	μΔ,pl	Vrd	VRcd(cotθ=1)	VRsd	Vw	Vr	Vu	Ved	Ned	Comb.	Verifica
4	2.163	0.062	0.5	0.009	0.00018	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	230.22	238.98	117.47	0	SLV 13	Si
7.1	2.134	0.062	0.5	0.009	0.00021	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	230.89	238.98	-117.47	0	SLV 1	Si

Valutazione dei tagli secondo gerarchia delle resistenze (γrd =1,1)

x	Taglio negativo				Taglio positivo			
	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela
0	55.65	-13.9	-63.22	25.82	55.65	125.19	63.22	85.48
0.25	47.92	-21.63	-63.22	18.09	47.92	117.47	63.22	77.75
1.8	0	-69.55	-63.22	-29.83	0	69.55	63.22	29.83
3.35	-47.92	-117.47	-63.22	-77.75	-47.92	21.63	63.22	-18.09
3.6	-55.65	-125.19	-63.22	-85.48	-55.65	13.9	63.22	-25.82

Campata 3 tra i fili 1 - 1, sezione R 30x50, asta 41; campata a comportamento dissipativo

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-66.5008	SLU 32	-54.0856	-97.9958	0.143	1.81	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-43.1356	SLU 32	-43.1356	-97.9958	0.143	2.27	Si
0.36	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-33.762	SLU 32	-43.1356	-97.9958	0.143	2.27	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	35.3447	SLU 32	37.0118	97.9958	0.143	2.65							Si
3.45	0.000603	0.068	0.000603	0.068	-4.3126	SLU 1	4.5899	97.9958	0.143	21.35	-7.1916	SLU 32	-7.1916	-97.9958	0.143	13.63	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068							-17.4308	SLU 32	-12.075	-97.9958	0.143	8.12	Si

Verifiche a flessione in famiglia SLV

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	7.7528	SLV 16	7.7528	97.9958	0.143	12.64	-94.0026	SLV 1	-82.4921	-97.9958	0.143	1.19	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068	15.9644	SLV 16	20.9982	97.9958	0.143	4.67	-71.9308	SLV 1	-71.9308	-97.9958	0.143	1.36	Si
0.36	0.000603	0.068	0.000603	0.068	18.9899	SLV 16	23.3395	97.9958	0.143	4.2	-62.8068	SLV 1	-71.9308	-97.9958	0.143	1.36	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	23.8714	SLV 16	28.41	97.9958	0.143	3.45							Si
3.45	0.000603	0.068	0.000603	0.068	40.1251	SLV 1	42.3647	97.9958	0.143	2.31	-49.3896	SLV 16	-49.3896	-97.9958	0.143	1.98	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	37.653	SLV 1	37.653	97.9958	0.143	2.6	-60.1779	SLV 16	-54.6307	-97.9958	0.143	1.79	Si

Verifiche SLD Resistenza a flessione

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	Comb.	M+des	M+ult	x/d	coeff	M-ela	Comb.	M-des	M-ult	x/d	coeff	Verifica
0	0.000603	0.068	0.000603	0.068	16.3126	SLD 16	16.3126	97.9958	0.143	6.01	-102.5625	SLD 1	-90.469	-97.9958	0.143	1.08	Si
0.25	0.000603	0.068	0.000603	0.068	23.3584	SLD 16	27.4855	97.9958	0.143	3.57	-79.3247	SLD 1	-79.3247	-97.9958	0.143	1.24	Si
0.36	0.000603	0.068	0.000603	0.068	25.8709	SLD 16	29.3138	97.9958	0.143	3.34	-69.6878	SLD 1	-79.3247	-97.9958	0.143	1.24	Si
1.8	0.000603	0.068	0.000603	0.068	24.0365	SLD 16	29.1563	97.9958	0.143	3.36							Si

3.45	0.000603	0.068	0.000603	0.068	47.6551	SLD 1	48.9881	97.9958	0.143	2	-56.9196	SLD 16	-56.9196	-97.9958	0.143	1.72	Si
3.6	0.000603	0.068	0.000603	0.068	45.8826	SLD 1	45.8826	97.9958	0.143	2.14	-68.4074	SLD 16	-62.5105	-97.9958	0.143	1.57	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	99.53	SLU 32	99.53	65.09	548.6	0	65.09	1	0.65	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	87.6	SLU 32	87.6	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.73	Si
0.84	0.0000079	0.000603	0	59.44	SLU 32	59.44	65.09	548.6	119.49	119.49	1	2.01	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	13.63	SLU 32	13.63	65.09	548.6	119.49	119.49	1	8.77	Si
3.45	0.0000157	0.000603	0	-65.11	SLU 32	-65.11	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	3.67	Si
3.6	0	0.000603	0	-72.27	SLU 32	-72.27	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.9	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLV

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	92.22	Ger.	123.02	65.09	548.6	0	65.09	1	0.53	Si
0	0	0.000603	0	36.78	Ger.	-11.72	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	5.55	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	84.49	Ger.	115.29	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.07	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	29.05	Ger.	-19.45	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	12.29	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	36.57	Ger.	67.37	65.09	548.6	119.49	119.49	1	1.77	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	-18.87	Ger.	-67.37	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	1.77	Si
2.88	0.0000079	0.000603	0	3.18	Ger.	33.98	65.09	548.6	119.49	119.49	1	3.52	Si
2.88	0.0000079	0.000603	0	-52.26	Ger.	-100.76	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	1.19	Si
3.45	0.0000157	0.000603	0	-14.44	Ger.	16.36	65.09	548.6	238.98	238.98	1	14.61	Si
3.45	0.0000157	0.000603	0	-69.88	Ger.	-118.38	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	2.02	Si
3.6	0	0.000603	0	-19.08	Ger.	11.72	65.09	548.6	0	65.09	1	5.55	Si
3.6	0	0.000603	0	-74.52	Ger.	-123.02	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.53	Si

Verifiche SLD Resistenza a taglio

x	A st	A sl	A sag	Vela	Comb.	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	coeff	Verifica
0	0	0.000603	0	96.88	SLD 1	96.88	65.09	548.6	0	65.09	1	0.67	Si
0.25	0.0000157	0.000603	0	89.15	SLD 1	89.15	65.09	548.6	238.98	238.98	1	2.68	Si
0.84	0.0000079	0.000603	0	70.91	SLD 1	70.91	65.09	548.6	119.49	119.49	1	1.68	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	41.23	SLD 1	41.23	65.09	548.6	119.49	119.49	1	2.9	Si
1.8	0.0000079	0.000603	0	-23.53	SLD 16	-23.53	-65.09	-548.6	-119.49	-119.49	1	5.08	Si
3.45	0.0000157	0.000603	0	-74.54	SLD 16	-74.54	-65.09	-548.6	-238.98	-238.98	1	3.21	Si
3.6	0	0.000603	0	-79.18	SLD 16	-79.18	-65.09	-548.6	0	-65.09	1	0.82	Si

Verifica delle tensioni in esercizio

x	Rara							Quasi permanente							Verifica
	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Comb.	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	-48.172	5	-39.1806	2630	19920	39450	360000	-43.1249	1	-35.0795	2355	14940			Si
0.25	-31.2502	5	-31.2502	2098	19920	31465	360000	-27.9832	1	-27.9832	1878	14940			Si
1.8	25.5925	5	26.801	1799	19920	26985	360000	22.8903	1	23.9742	1609	14940			Si
3.45	-5.1989	5	-5.1989	349	19920	5235	360000	-4.6323	1	-4.6323	311	14940			Si
3.6	-12.6126	5	-8.7347	586	19920	8795	360000	-11.2624	1	-7.7943	523	14940			Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente							Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Comb.	Fess. viscosa-	Comb.	l/f	
0.25	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.00004	1	0.00004	1	9999	Si
1.8	0.00028	0.00025	0.00023	0.00021	0.00025	0.00025	0.00021	0.00021	0.00025	0.00025	0.00054	1	0.00054	1	6630	Si
2.04	0.00028	0.00025	0.00024	0.00021	0.00026	0.00025	0.00022	0.00021	0.00025	0.00025	0.00055	1	0.00055	1	6499	Si
3.45	0.00004	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00007	1	0.00007	1	9999	Si
3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	9999	Si

Verifiche duttilità in curvatura

x	bordo.	M'y	Mrd	Φ'yd	Φyd	Duttilità	Duttilità confinata	Domanda duttilità	Verifica
0.25	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.25	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.36	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.48	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.6	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.72	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
0.72	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.12	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.24	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.36	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.36	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.45	Superiore	-92.0495	-97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si
3.45	Inferiore	92.0495	97.9958	0.0057	0.0061	9.33	25.97	17.98	Si

Verifiche taglio ciclico nel piano Circolare 7 21-01-19 §C8.7.2.3.5, [C8.7.2.8]

Ascissa	Lv	x	h	ρ,tot	θ,m	θ,y	μΔ,pl	Vrd	VRcd(cotθ=1)	VRsd	Vw	Vr	Vu	Ved	Ned	Comb.	Verifica
7.6	2.627	0.062	0.5	0.009	0.00024	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	222.37	238.98	115.29	0	SLV 13	Si
10.8	2.295	0.062	0.5	0.009	0.00039	0.00706	0	65.09	548.6	238.98	238.98	227.15	238.98	-118.38	0	SLV 1	Si

Valutazione dei tagli secondo gerarchia delle resistenze (γrd =1,1)

x	Taglio negativo				Taglio positivo			
	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela	contr. grav.	Vdes	contr. mom. res.	Vela
0	55.65	-11.72	-61.25	36.78	55.65	123.02	61.25	92.22
0.25	47.92	-19.45	-61.25	29.05	47.92	115.29	61.25	84.49
1.8	0	-67.37	-61.25	-18.87	0	67.37	61.25	36.57
3.45	-51.01	-118.38	-61.25	-69.88	-51.01	16.36	61.25	-14.44
3.6	-55.65	-123.02	-61.25	-74.52	-55.65	11.72	61.25	-19.08

Momenti resistenti a filo appoggi

campata	x	appoggio	momento positivo	momento negativo
1	0.15	1	97.9958	-97.9958
1	3.35	1	97.9958	-97.9958
2	0.25	1	97.9958	-97.9958
2	3.35	1	97.9958	-97.9958
3	0.25	1	97.9958	-97.9958
3	3.45	1	97.9958	-97.9958

Significato dei simboli utilizzati:

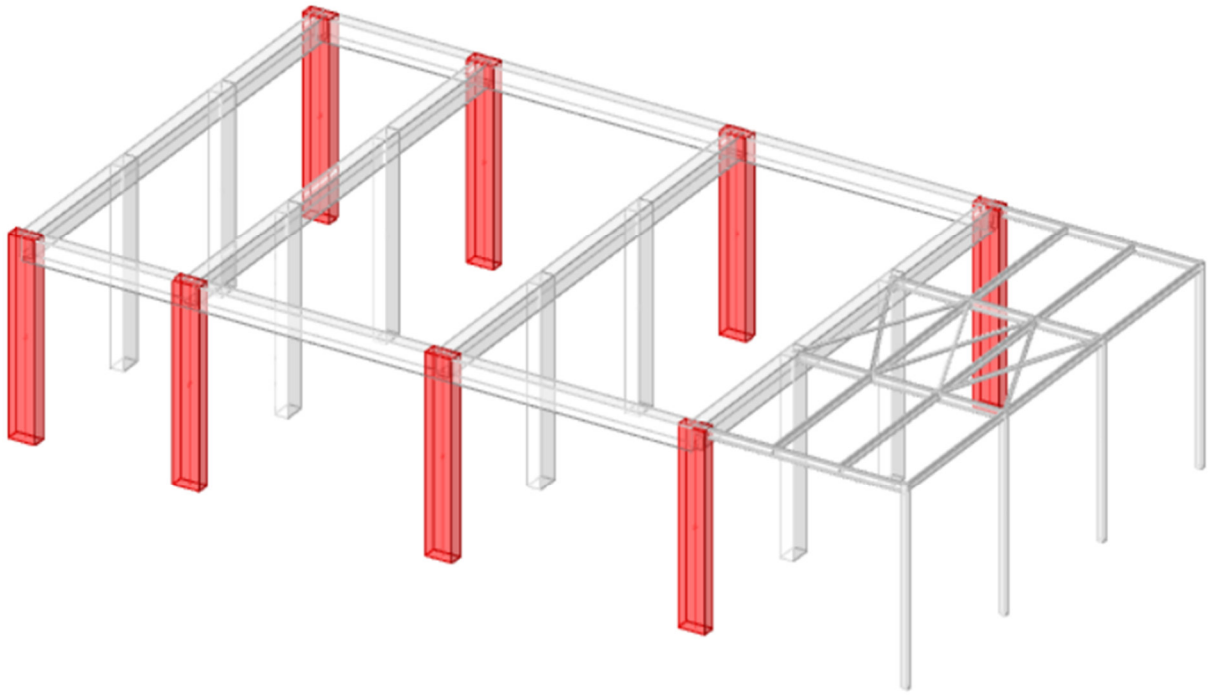
Le unità di misura elencate sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

***N°**: indice progressivo della sezione.*
***Descrizione**: descrizione della sezione.*
***Tipo**: tipo di sezione.*
***Base**: base della sezione. [m]*
***Altezza**: altezza della sezione. [m]*
***Copriferro sup.**: distanza del bordo della staffa dalla superficie superiore del getto. [m]*
***Copriferro inf.**: distanza del bordo della staffa dalla superficie inferiore del getto. [m]*
***Copriferro lat.**: distanza del bordo della staffa dalle superfici laterali del getto. [m]*
***x**: distanza da asse appoggio sinistro. [m]*
***A sup.**: area efficace di armatura longitudinale superiore. [m²]*
***C.b. sup.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore. [m]*
***A inf.**: area efficace di armatura longitudinale inferiore. [m²]*
***C.b. inf.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore. [m]*
***M+ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori. [kN·m]*
***Comb.**: combinazione.*
***M+des**: momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori. [kN·m]*
***M+ult**: momento ultimo per trazione delle fibre inferiori. [kN·m]*
***x/d**: rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile.*
***coeff**: coefficiente di sicurezza.*
***M-ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori. [kN·m]*
***M-des**: momento flettente di progetto che tende le fibre superiori. [kN·m]*
***M-ult**: momento ultimo per trazione delle fibre superiori. [kN·m]*
***Verifica**: stato di verifica.*
***A st**: area di staffe per unità di lunghezza. [m²]*
***A sl**: area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio in assenza di armature a taglio. [m²]*
***A sag**: area equivalente di barre piegate per unità di lunghezza. [m²]*
***Vela**: taglio elastico. [kN]*
***Vdes**: taglio di progetto. [kN]*
***Vrd**: resistenza a taglio della sezione senza armature. [kN]*
***Vrcd**: sforzo di taglio che produce il cedimento delle bielle. [kN]*
***Vrsd**: resistenza a taglio per la presenza delle armature. [kN]*
***Vult**: taglio ultimo. [kN]*
***cotgθ**: cotg dell'angolo di inclinazione dei puntoni in calcestruzzo.*
***Rara**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Mela**: momento elastico. [kN·m]*
***Mdes**: momento di progetto. [kN·m]*
***σ c**: tensione di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]*
***σ c lim.**: tensione limite di compressione nel calcestruzzo. [kN/m²]*
***σ f.**: tensione di trazione nell'acciaio. [kN/m²]*
***σ f lim.**: tensione limite di trazione nell'acciaio. [kN/m²]*
***Elastica+**: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]*
***Elastica-**: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [m]*
***Fess.+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]*
***Fess.-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [m]*
***Quasi permanente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***σ FRP**: tensione di trazione nell'FRP. [kN/m²]*
***σ FRP lim.**: tensione limite di trazione nell'FRP. [kN/m²]*
***Fess. viscosa+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]*

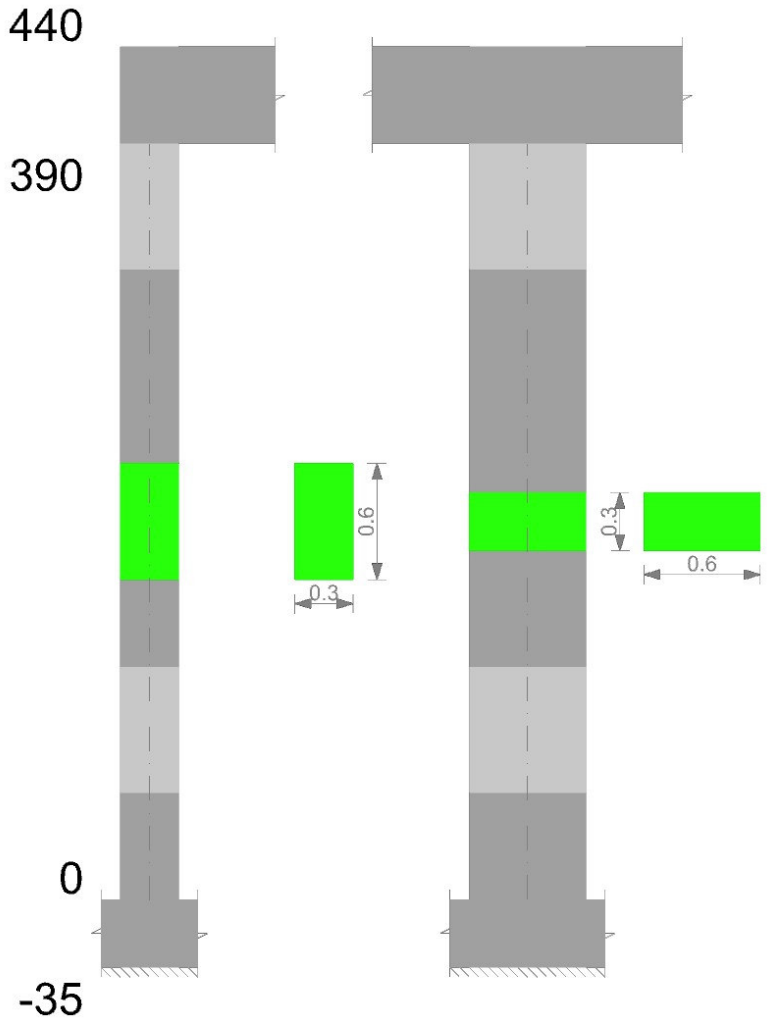
Fess. viscosa-: *minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [m]*
l/f: *rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente.*
Frequente: *famiglia di combinazione di verifica.*
x: *ascissa relativa. [m]*
bordo.: *bordo teso.*
M'y: *momento resistente massimo della sezione in campo sostanzialmente elastico. [kN·m]*
Mrd: *momento resistente della sezione. [kN·m]*
Φ'yd: *curvatura di prima plasticizzazione. [m-1]*
Φyd: *curvatura convenzionale di prima plasticizzazione. [m-1]*
Duttilità: *duttilità di curvatura.*
Duttilità confinata: *duttilità di curvatura sezione confinata.*
Domanda duttilità: *domanda in duttilità di curvatura.*
Ascissa: *ascissa sezione di verifica. [m]*
Lv: *luce di taglio considerata. [m]*
x: *altezza della zona compressa della sezione. [m]*
h: *altezza totale della sezione. [m]*
ρ,tot: *percentuale geometrica totale di armatura longitudinale.*
θ,m: *rotazione massima per la combinazione considerata.*
θ,y: *rotazione di prima plasticizzazione.*
μΔ,pl: *parte plastica della domanda di duttilità.*
Vrd: *resistenza a taglio del calcestruzzo non staffato per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
VRcd(cotθ=1): *resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata consideranto il valore di cotθ unitario. [kN]*
VRsd: *resistenza a taglio delle staffe per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
Vw: *contributo dell'armatura trasversale per la resistenza a taglio. [kN]*
Vr: *resistenza a taglio in condizioni cicliche (formula [C8.7.2.8]). [kN]*
Vu: *resistenza a taglio in condizioni sismiche. [kN]*
Ved: *sollecitazione tagliante. [kN]*
Ned: *sollecitazione di sforzo normale. [kN]*
Comb.: *combinazione di verifica.*
Taglio negativo: *valori per taglio negativo.*
contr. grav.: *contributo azioni gravitazionali. [kN]*
contr. mom. res.: *contributo dei momenti resistenti. [kN]*
Taglio positivo: *valori per taglio positivo.*
campata: *indice della campata.*
appoggio: *indice dell'appoggio.*
momento positivo: *momento resistente positivo. [kN·m]*
momento negativo: *momento resistente negativo. [kN·m]*

11.3. Pilastri 30x60 cm

I pilastri lungo i lati lunghi sono a sezione rettangolare 30x60 cm.



Si riporta di seguito la verifica di un pilastro tipologico.



Dati della pilastrata

Campate costituenti la pilastrata

Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Esistente	Secondaria	Dissipativa	Interna a parete	Sovraresistenza	Materiale CLS	Materiale Acciaio	FC
0	3.9	R 30x60	No	No	Si	No		C32/40	B450C	

Disposizione delle armature longitudinali

Posizione	X	Y	Diametro	Area	Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Materiale
p.1	-0.0771	-0.2271	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	0.0771	-0.2271	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	0.0771	0.2271	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	-0.0771	0.2271	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	-0.08	-0.08	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	-0.08	0.08	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	0.08	-0.08	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.1	0.08	0.08	0.02	0.0003142	-0.25	0.316	R 30x60	B450C
p.2	-0.0771	-0.2271	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.2	0.0771	-0.2271	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.2	0.0771	0.2271	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.2	-0.0771	0.2271	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.3	-0.08	-0.08	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.3	-0.08	0.08	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.3	0.08	-0.08	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C
p.3	0.08	0.08	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x60	B450C

Controlli geometrici NTC18

Nessuna anomalia

Verifiche delle sezioni

Verifica a pressoflessione in SLU

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
0	0.002513	2.8	0	1,2,3	-1.8405	1.9747	-85.11	-74.8428	80.2975	SLU 32	40.664	Si
0.3	0.003767	2.8	0	1,2,3	-1.8026	3.4723	-83.36	-70.7094	136.2055	SLU 32	39.227	Si
0.55	0.003835	2.8	0	1,2,3	-2.9804	8.8739	-137.82	-58.1827	173.236	SLU 32	19.522	Si
0.6	0.003835	2.8	0	1,2,3	-2.974	8.4894	-137.53	-59.5463	169.9753	SLU 32	20.022	Si
0.66	0.003581	2.8	0	1,2,3	-2.9662	8.0119	-137.16	-60.0322	162.1522	SLU 32	20.239	Si
0.9	0.002586	2.8	0	1,2,3	-2.9361	6.1826	-135.77	-61.9936	130.5414	SLU 32	21.114	Si
1.2	0.002513	1.4	0	2,3	-2.8981	3.8758	-134.02	-71.2741	95.3173	SLU 32	24.593	Si
1.5	0.002513	1.4	0	2,3	-2.8602	2.8602	-132.26	-75.8494	75.8494	SLU 32	26.519	Si
1.8	0.002513	1.4	0	2,3	-2.8222	-2.8222	-130.51	-75.8494	-75.8494	SLU 32	26.876	Si
2.1	0.002513	1.4	0	2,3	-2.7843	-3.0447	-128.75	-74.5503	-81.5226	SLU 32	26.775	Si
2.4	0.002513	1.4	0	2,3	-2.7463	-5.3515	-127	-63.534	-123.8023	SLU 32	23.134	Si
2.7	0.002513	1.4	0	2,3	2.7084	-7.6583	-125.24	53.4693	-151.1918	SLU 32	19.742	Si
3	0.002513	1.4	0	2,3	2.6704	-9.9651	-123.49	44.8747	-167.4573	SLU 32	16.804	Si
3.3	0.002513	1.4	0	2,3	2.6325	-12.2719	-121.73	38.0003	-177.1483	SLU 32	14.435	Si
3.6	0.002513	1.4	0	2,3	2.5945	-14.5787	-119.98	32.6073	-183.2221	SLU 32	12.568	Si
3.9	0.002513	1.4	0	2,3	2.5572	-16.8471	-118.25	28.0116	-184.5436	SLU 32	10.954	Si

Verifica a pressoflessione in SLV con sollecitazioni da gerarchia secondo formula [C7.4.3]

Quota	As	%	At	Pos.	α,x	α,y	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Nmin	Nlim	Comb.Nmin	Verifica
0	0.002513	2.8	0	1,2,3			69.0366	-0.3567	-41.12	263.8803	-1.3635	SLV 9	3.822	102.96	2201.16	SLV 4	Si
0.3	0.003767	2.8	0	1,2,3			99.7963	-2.8177	-39.77	344.8723	-9.7373	SLV 9	3.456	101.61	2201.16	SLV 4	Si
0.55	0.003835	2.8	0	1,2,3			-169.9439	21.6384	-112.5	-335.5594	42.7257	SLV 8	1.975	127.48	2201.16	SLV 4	Si
0.6	0.003835	2.8	0	1,2,3			-165.7726	20.9737	-112.28	-336.3855	42.5598	SLV 8	2.029	127.25	2201.16	SLV 4	Si
0.66	0.003581	2.8	0	1,2,3			-160.5921	20.1482	-112	-321.5024	40.3362	SLV 8	2.002	126.97	2201.16	SLV 4	Si
0.9	0.002586	2.8	0	1,2,3			-140.7448	16.9854	-110.93	-258.409	31.1853	SLV 8	1.836	125.9	2201.16	SLV 4	Si
1.2	0.002513	1.4	0	2,3			114.4494	-8.0198	-75.23	257.1411	-18.0186	SLV 9	2.247	124.55	2201.16	SLV 4	Si
1.5	0.002513	1.4	0	2,3			89.7647	-7.0009	-73.88	262.5793	-20.4791	SLV 9	2.925	123.2	2201.16	SLV 4	Si
1.8	0.002513	1.4	0	2,3			65.08	-5.9821	-72.53	272.3778	-25.0368	SLV 9	4.185	121.85	2201.16	SLV 4	Si
2.1	0.002513	1.4	0	2,3			40.3952	-4.9633	-71.18	290.7274	-35.7211	SLV 9	7.197	120.5	2201.16	SLV 4	Si
2.4	0.002513	1.4	0	2,3			15.7105	-3.9445	-69.83	291.3318	-73.1451	SLV 9	18.544	119.15	2201.16	SLV 4	Si
2.7	0.002513	1.4	0	2,3			3.9463	-11.3054	-117.8	59.6328	-170.8355	SLV 4	15.111	117.8	2201.16	SLV 4	Si
3	0.002513	1.4	0	2,3			14.1023	-20.6751	-116.45	103.2542	-151.3791	SLV 4	7.322	116.45	2201.16	SLV 4	Si
3.3	0.002513	1.4	0	2,3			59.4778	-14.9214	-100.13	249.0511	-62.4801	SLV 8	4.187	115.1	2201.16	SLV 4	Si
3.6	0.002513	1.4	0	2,3			84.5057	-18.9097	-98.78	242.0185	-54.1561	SLV 8	2.864	113.75	2201.16	SLV 4	Si
3.9	0.002513	1.4	0	2,3			109.1164	-22.8316	-97.45	237.979	-49.7949	SLV 8	2.181	112.42	2201.16	SLV 4	Si

Verifica a pressoflessione in SLD

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
0	0.002513	2.8	0	1,2,3	81.0412	-0.6375	-38.14	257.8661	-2.0283	SLD 9	3.182	Si
0.3	0.003767	2.8	0	1,2,3	117.1478	-3.6731	-36.79	340.3781	-10.6723	SLD 9	2.906	Si
0.55	0.003835	2.8	0	1,2,3	-199.1406	24.3228	-115.43	-334.1635	40.8143	SLD 8	1.678	Si
0.6	0.003835	2.8	0	1,2,3	-194.2533	23.5878	-115.21	-334.8836	40.6642	SLD 8	1.724	Si
0.66	0.003581	2.8	0	1,2,3	-188.1837	22.6749	-114.93	-319.8769	38.5431	SLD 8	1.7	Si
0.9	0.002586	2.8	0	1,2,3	-164.9298	19.1776	-113.86	-255.2304	29.6776	SLD 8	1.548	Si
1.2	0.002513	1.4	0	2,3	134.3388	-9.7903	-72.3	251.2898	-18.3134	SLD 9	1.871	Si
1.5	0.002513	1.4	0	2,3	105.3582	-8.3497	-70.95	256.2765	-20.31	SLD 9	2.432	Si
1.8	0.002513	1.4	0	2,3	76.3777	-6.909	-69.6	263.7846	-23.8616	SLD 9	3.454	Si
2.1	0.002513	1.4	0	2,3	47.3972	-5.4684	-68.25	280.2456	-32.333	SLD 9	5.913	Si
2.4	0.002513	1.4	0	2,3	18.4166	-4.0278	-66.9	296.5602	-64.8584	SLD 9	16.103	Si
2.7	0.002513	1.4	0	2,3	4.5852	-12.3769	-123.22	63.4506	-171.2753	SLD 4	13.838	Si
3	0.002513	1.4	0	2,3	40.3354	-11.6933	-104.41	257.5395	-74.6612	SLD 8	6.385	Si
3.3	0.002513	1.4	0	2,3	69.659	-16.1034	-103.06	249.2699	-57.6251	SLD 8	3.578	Si
3.6	0.002513	1.4	0	2,3	98.9826	-20.5136	-101.71	242.2312	-50.201	SLD 8	2.447	Si
3.9	0.002513	1.4	0	2,3	127.8175	-24.8502	-100.38	238.637	-46.3957	SLD 8	1.867	Si

Verifica di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2

Quota	α,n	α,s	α	ω,wd	αω,wd	v,d	Ac	lim. [7.4.29]	coeff. [7.4.29]	comb. [7.4.29]	Verifica
0.55	0.6683	0.684	0.4572	0.349	0.1596	0.073	0.0931	0.0827	1.929	SLV 4	Si

Verifica a taglio in famiglia SLU

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	4.99	-85.11	SLU 32	84.55	173.5	412.99	2.5	34.76	-1.28	-85.11	SLU 32	76.72	397.6	473.21	2.5	309.72	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	4.99	-83.36	SLU 32	84.35	173.5	412.78	2.5	34.76	-1.28	-83.36	SLU 32	76.49	397.6	472.97	2.5	309.72	Si
0.55	4X/2Y Ø10/9.3	-7.69	-137.82	SLU 32	90.61	508.03	508.03	1.85	66.07	-1.28	-81.89	SLU 32	76.3	576.11	576.11	1.83	448.78	Si
0.6	4X/2Y Ø10/9.3	-7.69	-137.53	SLU 32	90.58	508.01	508.01	1.85	66.07	1.15	-137.53	SLU 32	83.63	582.08	582.08	1.85	505.84	Si
0.66	4X/2Y Ø10/9.3	-7.69	-137.16	SLU 32	90.54	507.97	507.97	1.85	66.06	1.15	-137.16	SLU 32	83.58	582.04	582.04	1.85	505.8	Si
0.9	4X/2Y Ø10/9.3	-7.69	-135.77	SLU 32	90.38	507.84	507.84	1.85	66.04	1.15	-135.77	SLU 32	83.4	581.89	581.89	1.85	505.67	Si
1.2	4X/2Y Ø10/9.3	-7.69	-134.02	SLU 32	90.18	507.68	507.68	1.85	66.02	1.15	-134.02	SLU 32	83.17	581.7	581.7	1.85	505.51	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-132.26	SLU 32	89.97	170.68	418.6	2.5	22.2	1.15	-132.26	SLU 32	82.94	391.13	479.63	2.5	339.9	Si

1.8	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-130.51	SLU 32	89.77	170.68	418.39	2.5	22.2	1.15	-130.51	SLU 32	82.7	391.13	479.39	2.5	339.9	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-128.75	SLU 32	89.57	170.68	418.18	2.5	22.2	1.15	-128.75	SLU 32	82.47	391.13	479.16	2.5	339.9	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-127	SLU 32	89.37	170.68	417.97	2.5	22.2	1.15	-127	SLU 32	82.24	391.13	478.92	2.5	339.9	Si
2.7	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-125.24	SLU 32	89.17	170.68	417.76	2.5	22.2	1.15	-125.24	SLU 32	82.01	391.13	478.68	2.5	339.9	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	-7.69	-123.49	SLU 32	88.97	170.68	417.56	2.5	22.2	1.15	-123.49	SLU 32	81.78	391.13	478.44	2.5	339.9	Si
3.3	4X/2Y Ø10/13	-7.69	-121.73	SLU 32	88.76	445.64	445.64	2.28	57.96	1.15	-121.73	SLU 32	81.55	510.62	510.62	2.28	443.74	Si
3.6	4X/2Y Ø10/13	-7.69	-119.98	SLU 32	88.56	445.51	445.51	2.28	57.94	1.15	-119.98	SLU 32	81.32	510.47	510.47	2.28	443.6	Si
3.9	4X/2Y Ø10/13	-7.69	-118.25	SLU 32	88.36	445.38	445.38	2.28	57.92	1.15	-118.25	SLU 32	81.09	510.32	510.32	2.28	443.47	Si

Verifica a taglio in famiglia SLV

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	63.55	-102.96	SLV 4-Ger.	86.61	173.5	415.11	2.5	2.73	145.23	-102.96	SLV 4-Ger.	79.07	397.6	475.64	2.5	2.74	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	63.55	-101.61	SLV 4-Ger.	86.45	173.5	414.95	2.5	2.73	145.23	-101.61	SLV 4-Ger.	78.9	397.6	475.46	2.5	2.74	Si
0.55	4X/2Y Ø10/9.3	63.55	-100.49	SLV 4-Ger.	86.32	504.55	504.55	1.84	7.94	145.23	-100.49	SLV 4-Ger.	78.75	578.11	578.11	1.84	3.98	Si
0.6	4X/2Y Ø10/9.3	63.55	-127.25	SLV 4-Ger.	89.4	507.05	507.05	1.85	7.98	145.23	-127.25	SLV 4-Ger.	82.27	580.98	580.98	1.85	4	Si
0.66	4X/2Y Ø10/9.3	63.55	-126.97	SLV 4-Ger.	89.37	507.02	507.02	1.85	7.98	145.23	-126.97	SLV 4-Ger.	82.24	580.95	580.95	1.85	4	Si
0.9	4X/2Y Ø10/9.3	63.55	-125.9	SLV 4-Ger.	89.24	506.92	506.92	1.85	7.98	145.23	-125.9	SLV 4-Ger.	82.1	580.84	580.84	1.85	4	Si
1.2	4X/2Y Ø10/9.3	63.55	-124.55	SLV 4-Ger.	89.09	506.8	506.8	1.85	7.97	145.23	-124.55	SLV 4-Ger.	81.92	580.69	580.69	1.85	4	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-123.2	SLV 4-Ger.	88.93	170.68	417.52	2.5	2.69	145.23	-123.2	SLV 4-Ger.	81.74	391.13	478.4	2.5	2.69	Si
1.8	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-121.85	SLV 4-Ger.	88.78	170.68	417.36	2.5	2.69	145.23	-121.85	SLV 4-Ger.	81.56	391.13	478.21	2.5	2.69	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-120.5	SLV 4-Ger.	88.62	170.68	417.2	2.5	2.69	145.23	-120.5	SLV 4-Ger.	81.39	391.13	478.03	2.5	2.69	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-119.15	SLV 4-Ger.	88.47	170.68	417.04	2.5	2.69	145.23	-119.15	SLV 4-Ger.	81.21	391.13	477.85	2.5	2.69	Si
2.7	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-117.8	SLV 4-Ger.	88.31	170.68	416.88	2.5	2.69	145.23	-117.8	SLV 4-Ger.	81.03	391.13	477.66	2.5	2.69	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	63.55	-116.45	SLV 4-Ger.	88.16	170.68	416.72	2.5	2.69	145.23	-116.45	SLV 4-Ger.	80.85	391.13	477.48	2.5	2.69	Si
3.3	4X/2Y Ø10/13	63.55	-115.1	SLV 4-Ger.	88	445.14	445.14	2.27	7	145.23	-115.1	SLV 4-Ger.	80.67	510.04	510.04	2.27	3.51	Si
3.6	4X/2Y Ø10/13	63.55	-113.75	SLV 4-Ger.	87.85	445.04	445.04	2.27	7	145.23	-113.75	SLV 4-Ger.	80.5	509.92	509.92	2.27	3.51	Si
3.9	4X/2Y Ø10/13	63.55	-112.42	SLV 4-Ger.	87.69	444.93	444.93	2.27	7	145.23	-112.42	SLV 4-Ger.	80.32	509.81	509.81	2.27	3.51	Si

Verifica taglio ciclico secondo Circolare 7 21-01-19 §C8.7.2.3.5 formula [C8.7.2.8] in combinazione SLV

Quota	Q.inf.	Q.sup.	Dir.	Lv	x	h	ρ,tot	θ,m	θ,y	μΔ,pl	VRd	VRcd(cotθ=1)	VRsd	Vw	VR	Vu	VEd	NEd	Comb.	Verifica
0.55	4.15	4.4	X	2.338	0.165	0.3	0.0213	0.000731	0.020242	0	86.321	601.488	504.547	274.044	276.303	504.547	63.549	-100.488	SLV 4-Ger.	Si
0.55	4.15	4.4	Y	2.583	0.083	0.6	0.0213	0.000303	0.009982	0	78.748	689.189	578.114	314.001	345.036	578.114	145.232	-100.488	SLV 4-Ger.	Si

Tagli plastici secondo §7.4.4.2.1 [7.4.5] in combinazione SLV

Q.inf.	Q.sup.	Luce	γRd	MRdx,inf	MRdy,inf	N,inf	MRdx,sup	MRdy,sup	N,sup	Vpl,x	Vpl,y	Comb.
0	3.9	3.9	1.1	112.26551		-102.963	113.04472		-112.423	63.549		SLV 4
0	3.9	3.9	1.1		256.50749	-102.963		258.40506	-112.423		145.232	SLV 4

Verifica a taglio in famiglia SLD Resistenza

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	45.16	-107.76	SLD 2	87.16	173.5	415.68	2.5	3.84	-121.55	-79.37	SLD 8	75.97	397.6	472.42	2.5	3.27	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	45.16	-106.41	SLD 2	87	173.5	415.52	2.5	3.84	-121.55	-78.02	SLD 8	75.79	397.6	472.24	2.5	3.27	Si
0.55	4X/2Y Ø10/9.3	45.16	-105.29	SLD 2	86.87	505	505	1.84	11.18	-121.55	-76.9	SLD 8	75.64	575.58	575.58	1.83	4.74	Si
0.6	4X/2Y Ø10/9.3	-35.67	-127.5	SLD 2	89.43	507.07	507.07	1.85	14.21	97.75	-115.21	SLD 8	80.69	579.69	579.69	1.85	5.93	Si
0.66	4X/2Y Ø10/9.3	-35.67	-127.22	SLD 2	89.4	507.05	507.05	1.85	14.21	97.75	-114.93	SLD 8	80.65	579.66	579.66	1.85	5.93	Si
0.9	4X/2Y Ø10/9.3	-35.67	-126.15	SLD 2	89.27	506.95	506.95	1.85	14.21	97.75	-113.86	SLD 8	80.51	579.55	579.55	1.85	5.93	Si
1.2	4X/2Y Ø10/9.3	-35.67	-124.8	SLD 2	89.12	506.82	506.82	1.85	14.21	97.75	-112.51	SLD 8	80.33	579.4	579.4	1.85	5.93	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-123.45	SLD 2	88.96	170.68	417.55	2.5	4.78	97.75	-111.16	SLD 8	80.15	391.13	476.76	2.5	4	Si
1.8	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-122.1	SLD 2	88.81	170.68	417.39	2.5	4.78	97.75	-109.81	SLD 8	79.98	391.13	476.57	2.5	4	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-120.75	SLD 2	88.65	170.68	417.23	2.5	4.78	97.75	-108.46	SLD 8	79.8	391.13	476.39	2.5	4	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-119.4	SLD 2	88.5	170.68	417.07	2.5	4.78	97.75	-107.11	SLD 8	79.62	391.13	476.2	2.5	4	Si

2.7	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-118.05	SLD 2	88.34	170.68	416.91	2.5	4.78	97.75	-105.76	SLD 8	79.44	391.13	476.02	2.5	4	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	-35.67	-116.7	SLD 2	88.19	170.68	416.75	2.5	4.78	97.75	-104.41	SLD 8	79.26	391.13	475.84	2.5	4	Si
3.3	4X/2Y Ø10/13	-35.67	-115.35	SLD 2	88.03	445.16	445.16	2.27	12.48	97.75	-103.06	SLD 8	79.09	508.99	508.99	2.27	5.21	Si
3.6	4X/2Y Ø10/13	-35.67	-114	SLD 2	87.87	445.05	445.05	2.27	12.48	97.75	-101.71	SLD 8	78.91	508.88	508.88	2.27	5.21	Si
3.9	4X/2Y Ø10/13	-35.67	-112.67	SLD 2	87.72	444.95	444.95	2.27	12.47	97.75	-100.38	SLD 8	78.73	508.76	508.76	2.27	5.2	Si

Verifica delle tensioni in combinazioni rara

Tensione limite del calcestruzzo 19920 kN/m²
Tensione limite dell'acciaio 360000 kN/m²
Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Mx	My	N	Comb.	σf,max	Verifica
0	-0.6436	1.4374	-62.64	SLE RA 5	-454	-0.6436	1.4374	-62.64	SLE RA 5	-5704	Si
0.3	-0.9203	2.5158	-61.29	SLE RA 5	-521	-0.9203	2.5158	-61.29	SLE RA 5	-6045	Si
0.55	-1.5396	6.4112	-102.06	SLE RA 5	-1059	-1.5396	6.4112	-102.06	SLE RA 5	-11534	Si
0.6	-1.4979	6.1334	-101.83	SLE RA 5	-1032	-1.4979	6.1334	-101.83	SLE RA 5	-11312	Si
0.66	-1.4461	5.7883	-101.55	SLE RA 5	-1013	-1.4461	5.7883	-101.55	SLE RA 5	-11206	Si
0.9	-1.2477	4.4663	-100.48	SLE RA 5	-938	-1.2477	4.4663	-100.48	SLE RA 5	-10789	Si
1.2	-0.9974	2.7993	-99.13	SLE RA 5	-767	-0.9974	2.7993	-99.13	SLE RA 5	-9398	Si
1.5	-0.7472	1.1322	-97.78	SLE RA 5	-591	-0.7472	1.1322	-97.78	SLE RA 5	-7956	Si
1.8	-0.497	-0.5349	-96.43	SLE RA 5	-517	-0.497	-0.5349	-96.43	SLE RA 5	-7296	Si
2.1	-0.2467	-2.2019	-95.08	SLE RA 5	-657	-0.2467	-2.2019	-95.08	SLE RA 5	-8289	Si
2.4	0.0035	-3.869	-93.73	SLE RA 5	-797	0.0035	-3.869	-93.73	SLE RA 5	-9393	Si
2.7	0.2538	-5.536	-92.38	SLE RA 5	-961	0.2538	-5.536	-92.38	SLE RA 5	-10610	Si
3	0.504	-7.2031	-91.03	SLE RA 5	-1124	0.504	-7.2031	-91.03	SLE RA 5	-11827	Si
3.3	0.7542	-8.8701	-89.68	SLE RA 5	-1288	0.7542	-8.8701	-89.68	SLE RA 5	-13054	Si
3.6	1.0045	-10.5372	-88.33	SLE RA 5	-1451	1.0045	-10.5372	-88.33	SLE RA 5	-14310	Si
3.9	1.2505	-12.1765	-87	SLE RA 5	-1612	1.2505	-12.1765	-87	SLE RA 5	-15546	Si

Verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni quasi permanenti

Tensione limite del calcestruzzo 14940 kN/m²
Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Verifica
0	-0.4242	1.3085	-58.75	SLE QP 1	-414	Si
0.3	-0.6032	2.2586	-57.4	SLE QP 1	-468	Si
0.55	-1.0061	5.7057	-95.33	SLE QP 1	-946	Si
0.6	-0.9775	5.4583	-95.1	SLE QP 1	-922	Si
0.66	-0.942	5.1509	-94.82	SLE QP 1	-906	Si
0.9	-0.8059	3.9735	-93.75	SLE QP 1	-841	Si
1.2	-0.6342	2.4887	-92.4	SLE QP 1	-690	Si
1.5	-0.4626	1.0039	-91.05	SLE QP 1	-535	Si
1.8	-0.2909	-0.4808	-89.7	SLE QP 1	-471	Si
2.1	-0.1193	-1.9656	-88.35	SLE QP 1	-598	Si
2.4	0.0524	-3.4504	-87	SLE QP 1	-729	Si
2.7	0.224	-4.9352	-85.65	SLE QP 1	-872	Si
3	0.3957	-6.4199	-84.3	SLE QP 1	-1014	Si
3.3	0.5673	-7.9047	-82.95	SLE QP 1	-1156	Si
3.6	0.739	-9.3895	-81.6	SLE QP 1	-1299	Si
3.9	0.9077	-10.8495	-80.27	SLE QP 1	-1439	Si

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni frequente

Fessurazione non presente

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni quasi permanente

Fessurazione non presente

Verifiche nodi trave colonna

Verifiche dei nodi trave pilastro non presenti in quanto la verifica è non necessaria per la pilastrata.

Verifiche di gerarchia delle resistenze nei nodi trave pilastro

Verifiche di gerarchia delle resistenze nei nodi trave pilastro non presenti in quanto la verifica è non necessaria per la pilastrata
per il nodo Appoggio a quota -17.5 in quanto elemento di base della pilastrata.
per il nodo Appoggio a quota 415 in quanto elemento di estremità superiore alla pilastrata.

Significato dei simboli utilizzati:

Le unità di misura elencate sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

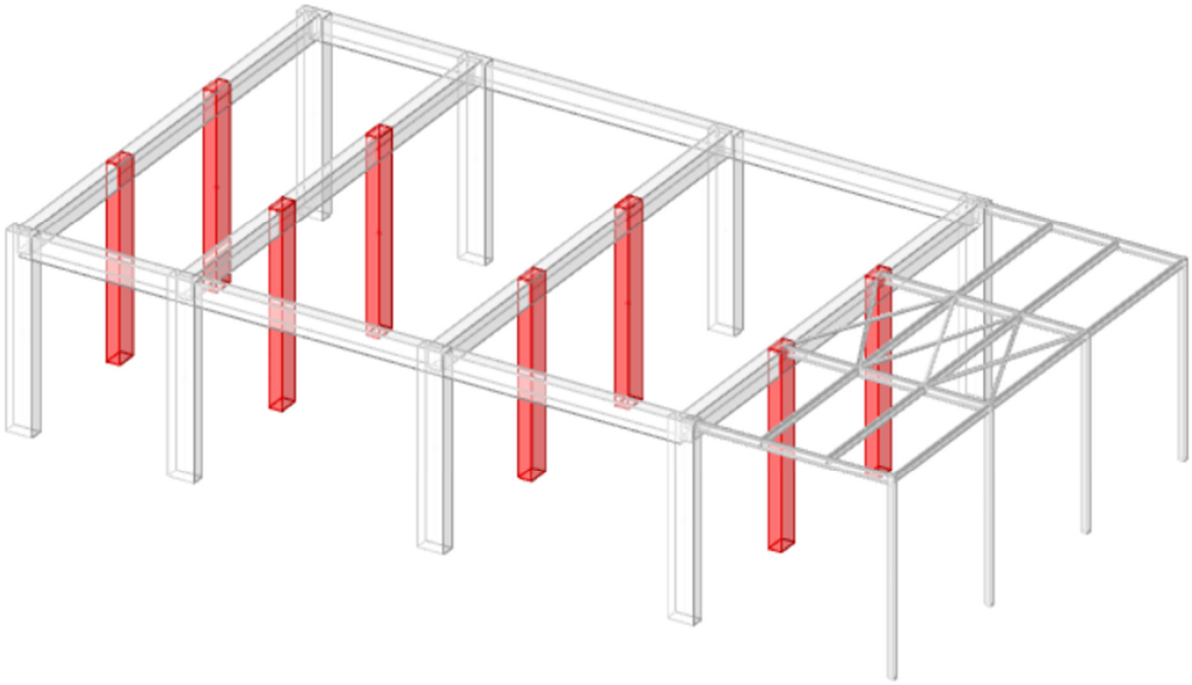
***Q.inf.**: quota inferiore. [m]*
***Q.sup.**: quota superiore. [m]*
***Sezione**: sezione impiegata.*
***Esistente**: campata esistente.*
***Secondaria**: campata secondaria.*
***Dissipativa**: campata dissipativa.*
***Interna a parete**: campata adiacente ad una parete in c.a.*
***Sovraresistenza**: aliquota di sovraresistenza da assicurare in verifica.*
***Materiale CLS**: materiale calcestruzzo impiegato.*

Materiale Acciaio: *materiale/i acciaio impiegato/i.*
FC: *fattore di confidenza riferito al materiale CLS.*
Posizione: *posizione della barra.*
X: *ascissa relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]*
Y: *ordinata relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]*
Diametro: *diametro nominale della barra. [m]*
Area: *area nominale della barra. [m²]*
Q.inf.: *quota inferiore della barra. [m]*
Q.sup.: *quota superiore della barra. [m]*
Materiale: *materiale della barra.*
Quota: *quota della sezione. [m]*
As: *area complessiva delle armature verticali. [m²]*
%: *percentuale di acciaio.*
At: *area delle armature verticali destinata alla verifica di torsione. [m²]*
Pos.: *posizioni barre longitudinali presenti nella sezione.*
Mx: *momento Mx. [kN·m]*
My: *momento My. [kN·m]*
N: *sforzo normale. [kN]*
MRdx: *momento resistente in direzione X. [kN·m]*
MRdy: *momento resistente in direzione Y. [kN·m]*
Comb.: *combinazione peggiore.*
Coeff.s.: *coefficiente di sicurezza minimo.*
Verifica: *stato di verifica.*
α,x: *fattore amplificativo secondo Circ. 617 02-02-2009 [C7.2.1] in direzione X.*
α,y: *fattore amplificativo secondo Circ. 617 02-02-2009 [C7.2.1] in direzione Y.*
Nmin: *compressione massima. [kN]*
Nlim: *compressione limite. [kN]*
Comb.Nmin: *combinazione in cui si ottiene la compressione massima.*
α,n: *termine relativo alla disposizione delle armature trasversali nel piano della sezione.*
α,s: *termine relativo al passo delle staffe.*
α: *coefficiente di efficacia del confinamento.*
ω,wd: *rapporto meccanico di armatura trasversale per confinamento secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2.*
αω,wd: *coefficiente di efficacia del confinamento per rapporto meccanico di armatura trasversale per confinamento secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2.*
v,d: *forza assiale adimensionalizzata.*
Ac: *area del calcestruzzo confinato. [m²]*
lim. [7.4.29]: *limite per dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
coeff. [7.4.29]: *coefficiente dei dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
comb. [7.4.29]: *combinazione peggiore dei dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
Staffe: *staffatura presente nella sezione.*
Direzione X: *dati della verifica a taglio in direzione X.*
V: *taglio di verifica per la direzione considerata. [kN]*
N: *sforzo normale per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
Comb.: *combinazione per la verifica nella direzione considerata.*
VRd: *resistenza a taglio del calcestruzzo non staffato per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
VRsd: *resistenza a taglio delle staffe per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
VRcd: *resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
Cot: *cotagente delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata.*
c.s.: *coefficiente di sicurezza per la verifica nella direzione considerata.*
Direzione Y: *dati della verifica a taglio in direzione Y.*
Quota: *quota di verifica. [m]*
Q.inf.: *quota inferiore dell'appoggio considerato per la valutazione della rotazione alla corda. [m]*
Q.sup.: *quota superiore dell'appoggio considerato per la valutazione della rotazione alla corda. [m]*
Dir.: *direzione di riferimento della verifica locale alla sezione.*
Lv: *luce di taglio considerata. [m]*
x: *altezza della zona compressa della sezione. [m]*
h: *altezza totale della sezione. [m]*
ρ,tot: *percentuale geometrica totale di armatura longitudinale.*
θ,m: *rotazione massima per la combinazione considerata.*
θ,y: *rotazione di prima plasticizzazione.*
μΔ,pl: *parte plastica della domanda di duttilità.*
VRcd(cotθ=1): *resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata consideranto il valore di cotθ unitario. [kN]*
Vw: *contributo dell'armatura trasversale per la resistenza a taglio [C8.7.2.9] ovvero [C8.7.2.10]. [kN]*
VR: *resistenza a taglio in condizioni cicliche (formula [C8.7.2.8]). [kN]*
Vu: *resistenza a taglio in condizioni sismiche. [kN]*
VEd: *sollecitazione tagliante. [kN]*
NEd: *sollecitazione di sforzo normale. [kN]*
Comb.: *combinazione di riferimento.*
Q.inf.: *quota inferiore della campata. [m]*
Q.sup.: *quota superiore della campata. [m]*
Luce: *lunghezza del pilastro. [m]*
γRd: *coefficiente per gerarchia delle resistenze secondo D.M. 14-01-2008 §7.4.4.2.1.*

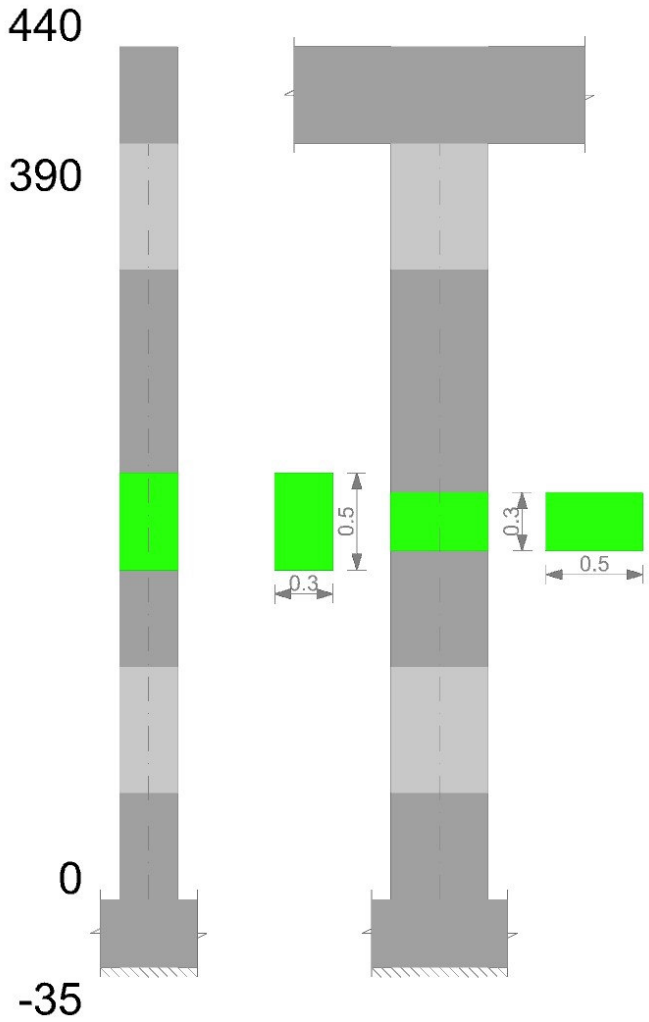
MRdx,inf: *momento resistente della sezione inferiore in direzione x. [kN·m]*
MRdy,inf: *momento resistente della sezione inferiore in direzione y. [kN·m]*
N,inf: *sforzo normale della sezione inferiore. [kN]*
MRdx,sup: *momento resistente della sezione superiore in direzione x. [kN·m]*
MRdy,sup: *momento resistente della sezione superiore in direzione y. [kN·m]*
N,sup: *sforzo normale della sezione superiore. [kN]*
Vpl,x: *taglio plastico in direzione x. [kN]*
Vpl,y: *taglio plastico in direzione y. [kN]*
σc,max: *tensione massima sul calcestruzzo. [kN/m²]*
σf,max: *tensione massima sull'acciaio. [kN/m²]*

11.4. Pilastri 30x50 cm

I pilastri lungo i lati corti sono a sezione rettangolare 30x50 cm.



Si riporta di seguito la verifica di un pilastro tipologico.



Dati della pilastrata

Campate costituenti la pilastrata

Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Esistente	Secondaria	Dissipativa	Interna a parete	Sovraresistenza	Materiale CLS	Materiale Acciaio	FC
0	3.9	R 30x50	No	No	Si	No		C32/40	B450C	

Disposizione delle armature longitudinali

Posizione	X	Y	Diametro	Area	Q.inf.	Q.sup.	Sezione	Materiale
p.1	-0.0771	-0.1771	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.1	0.0771	-0.1771	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.1	0.0771	0.1771	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.1	-0.0771	0.1771	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.1	-0.08	0	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.1	0.08	0	0.02	0.0003142	-0.25	0.318	R 30x50	B450C
p.2	-0.0771	-0.1771	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C
p.2	0.0771	-0.1771	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C
p.2	0.0771	0.1771	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C
p.2	-0.0771	0.1771	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C
p.3	-0.08	0	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C
p.3	0.08	0	0.02	0.0003142	0	3.9	R 30x50	B450C

Controlli geometrici NTC18

Nessuna anomalia

Verifiche delle sezioni

Verifica a pressoflessione in SLU

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
0	0.001885	2.5	0	1,2,3	2.085	-2.085	-96.41	61.1981	-61.1981	SLU 32	29.352	Si
0.3	0.002825	2.5	0	1,2,3	2.0533	-2.0533	-94.95	67.2402	-67.2402	SLU 32	32.747	Si

0.55	0.002881	2.5	0	1,2,3	3.3823	-3.3823	-156.41	67.6006	-67.6006	SLU 32	19.986	Si
0.6	0.002881	2.5	0	1,2,3	3.377	-3.377	-156.16	67.6006	-67.6006	SLU 32	20.018	Si
0.66	0.002691	2.5	0	1,2,3	3.3705	-3.3705	-155.86	66.3707	-66.3707	SLU 32	19.692	Si
0.9	0.001945	2.5	0	1,2,3	3.3454	-3.3454	-154.7	61.5807	-61.5807	SLU 32	18.407	Si
1.2	0.001885	1.3	0	2,3	3.3138	-3.3138	-153.24	61.1981	-61.1981	SLU 32	18.468	Si
1.5	0.001885	1.3	0	2,3	3.2822	-3.2822	-151.78	61.1981	-61.1981	SLU 32	18.646	Si
1.8	0.001885	1.3	0	2,3	-3.2505	-3.2505	-150.31	-61.1981	-61.1981	SLU 32	18.827	Si
2.1	0.001885	1.3	0	2,3	-3.2189	-3.2189	-148.85	-61.1981	-61.1981	SLU 32	19.012	Si
2.4	0.001885	1.3	0	2,3	-3.1873	-3.1873	-147.39	-61.1981	-61.1981	SLU 32	19.201	Si
2.7	0.001885	1.3	0	2,3	-3.1557	-3.1557	-145.93	-61.1981	-61.1981	SLU 32	19.393	Si
3	0.001885	1.3	0	2,3	-3.124	-3.124	-144.46	-61.1981	-61.1981	SLU 32	19.589	Si
3.3	0.001885	1.3	0	2,3	-3.0924	-3.0924	-143	-61.1981	-61.1981	SLU 32	19.79	Si
3.6	0.001885	1.3	0	2,3	-3.5349	-3.0608	-141.54	-69.9155	-60.5375	SLU 32	19.778	Si
3.9	0.001885	1.3	0	2,3	-4.0705	-3.0297	-140.1	-80.1996	-59.6925	SLU 32	19.703	Si

Verifica a pressoflessione in SLV con sollecitazioni da gerarchia secondo formula [C7.4.3]

Quota	As	%	At	Pos.	α,x	α,y	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Nmin	Nlim	Comb.Nmin	Verifica
0	0.001885	2.5	0	1,2,3			30.6569	2.8254	-60.01	198.1418	18.261	SLV 13	6.463	63.23	1834.3	SLV 2	Si
0.3	0.002825	2.5	0	1,2,3			61.8606	3.616	-58.88	239.041	13.9731	SLV 13	3.864	62.11	1834.3	SLV 2	Si
0.55	0.002881	2.5	0	1,2,3			120.3957	7.5635	-96.15	236.8569	14.8798	SLV 13	1.967	101.85	1834.3	SLV 2	Si
0.6	0.002881	2.5	0	1,2,3			117.1671	7.4648	-95.96	237.4246	15.1266	SLV 13	2.026	101.66	1834.3	SLV 2	Si
0.66	0.002691	2.5	0	1,2,3			113.1573	7.3423	-95.73	225.2752	14.6172	SLV 13	1.991	101.43	1834.3	SLV 2	Si
0.9	0.001945	2.5	0	1,2,3			97.7954	6.873	-94.84	176.351	12.3938	SLV 13	1.803	100.54	1834.3	SLV 2	Si
1.2	0.001885	1.3	0	2,3			78.4237	6.2811	-93.71	178.0255	14.2585	SLV 13	2.27	99.41	1834.3	SLV 2	Si
1.5	0.001885	1.3	0	2,3			59.052	5.6893	-92.59	186.84	18.0009	SLV 13	3.164	98.29	1834.3	SLV 2	Si
1.8	0.001885	1.3	0	2,3			39.6803	5.0975	-91.46	200.0398	25.6978	SLV 13	5.041	97.16	1834.3	SLV 2	Si
2.1	0.001885	1.3	0	2,3			-7.8796	-13.7117	-94.03	-72.2043	-125.6464	SLV 8	9.163	96.04	1834.3	SLV 2	Si
2.4	0.001885	1.3	0	2,3			-1.4328	-11.9151	-92.9	-17.8719	-148.6208	SLV 8	12.473	94.91	1834.3	SLV 2	Si
2.7	0.001885	1.3	0	2,3			-18.4348	3.3219	-88.09	-221.1012	39.8424	SLV 13	11.994	93.79	1834.3	SLV 2	Si
3	0.001885	1.3	0	2,3			-37.8065	2.7301	-86.96	-209.1469	15.1031	SLV 13	5.532	92.66	1834.3	SLV 2	Si
3.3	0.001885	1.3	0	2,3			-57.1782	2.1383	-85.84	-191.3646	7.1564	SLV 13	3.347	91.54	1834.3	SLV 2	Si
3.6	0.001885	1.3	0	2,3			-76.5499	1.5464	-84.71	-178.1507	3.5989	SLV 13	2.327	90.41	1834.3	SLV 2	Si
3.9	0.001885	1.3	0	2,3			-95.5987	0.9645	-83.6	-170.4579	1.7197	SLV 13	1.783	89.31	1834.3	SLV 2	Si

Verifica a pressoflessione in SLD

Quota	As	%	At	Pos.	Mx	My	N	MRdx	MRdy	Comb.	Coeff.s.	Verifica
0	0.001885	2.5	0	1,2,3	35.752	3.32	-59.74	190.3695	17.678	SLD 13	5.325	Si
0.3	0.002825	2.5	0	1,2,3	72.1547	4.2491	-58.62	234.1384	13.7881	SLD 13	3.245	Si
0.55	0.002881	2.5	0	1,2,3	140.4386	8.8876	-95.68	232.8352	14.7349	SLD 13	1.658	Si
0.6	0.002881	2.5	0	1,2,3	136.6765	8.7717	-95.49	233.2863	14.972	SLD 13	1.707	Si
0.66	0.002691	2.5	0	1,2,3	132.0042	8.6278	-95.26	221.1974	14.4574	SLD 13	1.676	Si
0.9	0.001945	2.5	0	1,2,3	114.1039	8.0763	-94.36	171.8583	12.1642	SLD 13	1.506	Si
1.2	0.001885	1.3	0	2,3	91.5314	7.381	-93.24	172.8635	13.9394	SLD 13	1.889	Si
1.5	0.001885	1.3	0	2,3	68.9589	6.6856	-92.11	179.9751	17.4486	SLD 13	2.61	Si
1.8	0.001885	1.3	0	2,3	46.3864	5.9902	-90.99	191.6299	24.7465	SLD 13	4.131	Si
2.1	0.001885	1.3	0	2,3	-9.1228	-16.0705	-94.17	-68.6391	-120.9129	SLD 8	7.524	Si
2.4	0.001885	1.3	0	2,3	-1.527	-13.9648	-93.05	-16.0714	-146.9728	SLD 8	10.525	Si
2.7	0.001885	1.3	0	2,3	-21.3312	3.9041	-87.61	-216.1053	39.5519	SLD 13	10.131	Si
3	0.001885	1.3	0	2,3	-43.9037	3.2087	-86.49	-201.8647	14.7532	SLD 13	4.598	Si
3.3	0.001885	1.3	0	2,3	-66.4762	2.5133	-85.36	-183.9184	6.9535	SLD 13	2.767	Si
3.6	0.001885	1.3	0	2,3	-89.0487	1.8179	-84.24	-172.6847	3.5253	SLD 13	1.939	Si
3.9	0.001885	1.3	0	2,3	-111.2451	1.1341	-83.13	-166.3242	1.6957	SLD 13	1.495	Si

Verifica di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2

Quota	α,n	α,s	α	ω,wd	αω,wd	v,d	Ac	lim. [7.4.29]	coeff. [7.4.29]	comb. [7.4.29]	Verifica
0.55	0.611	0.6657	0.4067	0.3348	0.1362	0.073	0.0741	0.0832	1.637	SLV 2	Si

Verifica a taglio in famiglia SLU

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	-0.09	-96.41	SLU 32	73.39	173.5	347.19	2.5	1832.7	1.59	-96.41	SLU 32	68.83	322.16	386.8	2.5	202.21	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	-0.09	-94.95	SLU 32	73.22	173.5	347.02	2.5	1832.7	1.59	-94.95	SLU 32	68.65	322.16	386.61	2.5	202.21	Si
0.55	3X/2Y Ø10/9.3	-0.09	-93.73	SLU 32	73.08	405.6	405.6	1.97	4284.32	-1.82	-156.41	SLU 32	76.52	475.95	475.95	1.87	262.16	Si
0.6	3X/2Y Ø10/9.3	0.07	-156.16	SLU 32	80.26	411.02	411.02	2	5999.37	-1.82	-156.16	SLU 32	76.49	475.93	475.93	1.87	262.14	Si
0.66	3X/2Y Ø10/9.3	0.07	-155.86	SLU 32	80.23	410.99	410.99	2	5998.98	-1.82	-155.86	SLU 32	76.45	475.9	475.9	1.87	262.13	Si
0.9	3X/2Y Ø10/9.3	0.07	-154.7	SLU 32	80.09	410.89	410.89	2	5997.52	-1.82	-154.7	SLU 32	76.3	475.78	475.78	1.87	262.06	Si
1.2	3X/2Y Ø10/9.3	0.07	-153.24	SLU 32	79.93	410.76	410.76	2	5995.68	-1.82	-153.24	SLU 32	76.11	475.63	475.63	1.87	261.98	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-151.78	SLU 32	79.76	170.68	353.78	2.5	2491.32	-1.82	-151.78	SLU 32	75.93	316.92	394.14	2.5	174.56	Si
1.8	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-150.31	SLU 32	79.59	170.68	353.6	2.5	2491.32	-1.82	-150.31	SLU 32	75.74	316.92	393.95	2.5	174.56	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-148.85	SLU 32	79.42	170.68	353.43	2.5	2491.32	-1.82	-148.85	SLU 32	75.55	316.92	393.75	2.5	174.56	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-147.39	SLU 32	79.25	170.68	353.25	2.5	2491.32	-1.82	-147.39	SLU 32	75.36	316.92	393.56	2.5	174.56	Si

2.7	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-145.93	SLU 32	79.09	170.68	353.08	2.5	2491.32	-1.82	-145.93	SLU 32	75.18	316.92	393.37	2.5	174.56	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	0.07	-144.46	SLU 32	78.92	170.68	352.91	2.5	2491.32	-1.82	-144.46	SLU 32	74.99	316.92	393.17	2.5	174.56	Si
3.3	3X/2Y Ø10/13	0.07	-143	SLU 32	78.75	358.64	358.64	2.44	5234.84	-1.82	-143	SLU 32	74.8	417.23	417.23	2.3	229.81	Si
3.6	3X/2Y Ø10/13	0.07	-141.54	SLU 32	78.58	358.54	358.54	2.44	5233.34	-1.82	-141.54	SLU 32	74.61	417.11	417.11	2.3	229.75	Si
3.9	3X/2Y Ø10/13	0.07	-140.1	SLU 32	78.42	358.43	358.43	2.44	5231.85	-1.82	-140.1	SLU 32	74.43	416.99	416.99	2.29	229.68	Si

Verifica a taglio in famiglia SLV

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	23.91	-63.23	SLV 2-Ger.	69.58	173.5	343.24	2.5	7.26	104.01	-60.01	SLV 13	64.17	322.16	381.98	2.5	3.1	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	23.91	-62.11	SLV 2-Ger.	69.45	173.5	343.11	2.5	7.26	104.01	-58.88	SLV 13	64.02	322.16	381.83	2.5	3.1	Si
0.55	3X/2Y Ø10/9.3	23.91	-61.17	SLV 2-Ger.	69.34	402.74	402.74	1.96	16.84	104.01	-57.95	SLV 13	63.9	465.73	465.73	1.83	4.48	Si
0.6	3X/2Y Ø10/9.3	23.91	-101.66	SLV 2-Ger.	74	406.29	406.29	1.98	16.99	89.26	-101.66	SLV 2-Ger.	69.51	470.3	470.3	1.85	5.27	Si
0.66	3X/2Y Ø10/9.3	23.91	-101.43	SLV 2-Ger.	73.97	406.27	406.27	1.98	16.99	89.26	-101.43	SLV 2-Ger.	69.48	470.27	470.27	1.85	5.27	Si
0.9	3X/2Y Ø10/9.3	23.91	-100.54	SLV 2-Ger.	73.87	406.19	406.19	1.98	16.99	89.26	-100.54	SLV 2-Ger.	69.36	470.18	470.18	1.85	5.27	Si
1.2	3X/2Y Ø10/9.3	23.91	-99.41	SLV 2-Ger.	73.74	406.09	406.09	1.98	16.98	89.26	-99.41	SLV 2-Ger.	69.22	470.06	470.06	1.85	5.27	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-98.29	SLV 2-Ger.	73.61	170.68	347.41	2.5	7.14	89.26	-98.29	SLV 2-Ger.	69.07	316.92	387.05	2.5	3.55	Si
1.8	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-97.16	SLV 2-Ger.	73.48	170.68	347.28	2.5	7.14	89.26	-97.16	SLV 2-Ger.	68.93	316.92	386.9	2.5	3.55	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-96.04	SLV 2-Ger.	73.35	170.68	347.15	2.5	7.14	89.26	-96.04	SLV 2-Ger.	68.78	316.92	386.75	2.5	3.55	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-94.91	SLV 2-Ger.	73.22	170.68	347.01	2.5	7.14	89.26	-94.91	SLV 2-Ger.	68.64	316.92	386.61	2.5	3.55	Si
2.7	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-93.79	SLV 2-Ger.	73.09	170.68	346.88	2.5	7.14	89.26	-93.79	SLV 2-Ger.	68.5	316.92	386.46	2.5	3.55	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	23.91	-92.66	SLV 2-Ger.	72.96	170.68	346.74	2.5	7.14	89.26	-92.66	SLV 2-Ger.	68.35	316.92	386.31	2.5	3.55	Si
3.3	3X/2Y Ø10/13	23.91	-91.54	SLV 2-Ger.	72.83	354.99	354.99	2.42	14.85	89.26	-91.54	SLV 2-Ger.	68.21	412.9	412.9	2.27	4.63	Si
3.6	3X/2Y Ø10/13	23.91	-90.41	SLV 2-Ger.	72.7	354.91	354.91	2.42	14.84	89.26	-90.41	SLV 2-Ger.	68.06	412.81	412.81	2.27	4.62	Si
3.9	3X/2Y Ø10/13	23.91	-89.31	SLV 2-Ger.	72.57	354.83	354.83	2.42	14.84	89.26	-89.31	SLV 2-Ger.	67.92	412.71	412.71	2.27	4.62	Si

Verifica taglio ciclico secondo Circolare 7 21-01-19 §C8.7.2.3.5 formula [C8.7.2.8] in combinazione SLV

Quota	Q.inf.	Q.sup.	Dir.	Lv	x	h	ρ,tot	θ,m	θ,y	μΔ,pl	VRd	VRcd(cotθ=1)	VRsd	Vw	VR	Vu	VEd	NEd	Comb.	Verifica
0.55	4.15	4.4	X	4.4	0.134	0.3	0.0192	0.000196	0.034736	0	69.338	497.347	402.738	205.533	206.386	402.738	23.91	-61.168	SLV 2	Si
0.55	4.15	4.4	Y	2.415	0.08	0.5	0.0192	0.000806	0.011801	0	63.905	553.474	465.729	254.426	259.385	465.729	104.012	-57.946	SLV 13	Si

Tagli plastici secondo §7.4.4.2.1 [7.4.5] in combinazione SLV

Q.inf.	Q.sup.	Luce	γRd	MRdx,inf	MRdy,inf	N,inf	MRdx,sup	MRdy,sup	N,sup	Vpl,x	Vpl,y	Comb.
0	3.9	3.9	1.1	84.77128		-63.231	0		-89.305	23.91		SLV 2
0	3.9	3.9	1.1		156.0187	-63.231		160.436	-89.305		89.256	SLV 2

Verifica a taglio in famiglia SLD Resistenza

		Direzione X								Direzione Y								Verifica
Quota	Staffe	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	V	N	Comb.	VRd	VRsd	VRcd	Cot	c.s.	
0	2X/2Y Ø10/18.3	-9.39	-62.18	SLD 8	69.45	173.5	343.12	2.5	18.47	121.34	-59.74	SLD 13	64.13	322.16	381.94	2.5	2.65	Si
0.3	2X/2Y Ø10/18.3	-9.39	-61.05	SLD 8	69.32	173.5	342.98	2.5	18.47	121.34	-58.62	SLD 13	63.99	322.16	381.79	2.5	2.65	Si
0.55	3X/2Y Ø10/9.3	-9.39	-60.11	SLD 8	69.22	402.65	402.65	1.96	42.86	121.34	-57.68	SLD 13	63.87	465.7	465.7	1.83	3.84	Si
0.6	3X/2Y Ø10/9.3	7.02	-99.8	SLD 8	73.78	406.13	406.13	1.98	57.86	-75.24	-95.49	SLD 13	68.71	469.65	469.65	1.85	6.24	Si
0.66	3X/2Y Ø10/9.3	7.02	-99.57	SLD 8	73.75	406.1	406.1	1.98	57.86	-75.24	-95.26	SLD 13	68.68	469.63	469.63	1.85	6.24	Si
0.9	3X/2Y Ø10/9.3	7.02	-98.67	SLD 8	73.65	406.03	406.03	1.98	57.85	-75.24	-94.36	SLD 13	68.57	469.54	469.54	1.85	6.24	Si
1.2	3X/2Y Ø10/9.3	7.02	-97.55	SLD 8	73.52	405.93	405.93	1.98	57.83	-75.24	-93.24	SLD 13	68.43	469.42	469.42	1.85	6.24	Si
1.5	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-96.42	SLD 8	73.39	170.68	347.19	2.5	24.32	-75.24	-92.11	SLD 13	68.28	316.92	386.23	2.5	4.21	Si
1.8	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-95.3	SLD 8	73.26	170.68	347.06	2.5	24.32	-75.24	-90.99	SLD 13	68.14	316.92	386.09	2.5	4.21	Si
2.1	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-94.17	SLD 8	73.13	170.68	346.92	2.5	24.32	-75.24	-89.86	SLD 13	67.99	316.92	385.94	2.5	4.21	Si
2.4	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-93.05	SLD 8	73	170.68	346.79	2.5	24.32	-75.24	-88.74	SLD 13	67.85	316.92	385.79	2.5	4.21	Si
2.7	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-91.92	SLD 8	72.88	170.68	346.66	2.5	24.32	-75.24	-87.61	SLD 13	67.71	316.92	385.64	2.5	4.21	Si
3	2X/2Y Ø10/18.6	7.02	-90.8	SLD 8	72.75	170.68	346.52	2.5	24.32	-75.24	-86.49	SLD 13	67.56	316.92	385.49	2.5	4.21	Si
3.3	3X/2Y Ø10/13	7.02	-89.67	SLD 8	72.62	354.85	354.85	2.42	50.56	-75.24	-85.36	SLD 13	67.42	412.38	412.38	2.27	5.48	Si

3.6	3X/2Y Ø10/13	7.02	-88.55	SLD 8	72.49	354.77	354.77	2.42	50.54	-75.24	-84.24	SLD 13	67.27	412.28	412.28	2.27	5.48	Si
3.9	3X/2Y Ø10/13	7.02	-87.44	SLD 8	72.36	354.69	354.69	2.42	50.53	-75.24	-83.13	SLD 13	67.13	412.19	412.19	2.27	5.48	Si

Verifica delle tensioni in combinazioni rara

Tensione limite del calcestruzzo 19920 kN/m²
Tensione limite dell'acciaio 360000 kN/m²
Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Mx	My	N	Comb.	σf,max	Verifica
0	0.4281	-0.0715	-69.97	SLE RA 5	-430	0.4281	-0.0715	-69.97	SLE RA 5	-6257	Si
0.3	0.7753	-0.0917	-68.85	SLE RA 5	-416	0.7753	-0.0917	-68.85	SLE RA 5	-5958	Si
0.55	1.4545	-0.192	-113.89	SLE RA 5	-700	1.4545	-0.192	-113.89	SLE RA 5	-9961	Si
0.6	1.3886	-0.1896	-113.71	SLE RA 5	-695	1.3886	-0.1896	-113.71	SLE RA 5	-9901	Si
0.66	1.3067	-0.1866	-113.47	SLE RA 5	-699	1.3067	-0.1866	-113.47	SLE RA 5	-9973	Si
0.9	0.993	-0.175	-112.58	SLE RA 5	-715	0.993	-0.175	-112.58	SLE RA 5	-10287	Si
1.2	0.5973	-0.1604	-111.46	SLE RA 5	-684	0.5973	-0.1604	-111.46	SLE RA 5	-9948	Si
1.5	0.2017	-0.1458	-110.33	SLE RA 5	-649	0.2017	-0.1458	-110.33	SLE RA 5	-9557	Si
1.8	-0.1939	-0.1312	-109.21	SLE RA 5	-641	-0.1939	-0.1312	-109.21	SLE RA 5	-9444	Si
2.1	-0.5895	-0.1166	-108.08	SLE RA 5	-659	-0.5895	-0.1166	-108.08	SLE RA 5	-9619	Si
2.4	-0.9852	-0.102	-106.96	SLE RA 5	-678	-0.9852	-0.102	-106.96	SLE RA 5	-9794	Si
2.7	-1.3808	-0.0874	-105.83	SLE RA 5	-697	-1.3808	-0.0874	-105.83	SLE RA 5	-9969	Si
3	-1.7764	-0.0728	-104.71	SLE RA 5	-715	-1.7764	-0.0728	-104.71	SLE RA 5	-10145	Si
3.3	-2.1721	-0.0582	-103.58	SLE RA 5	-734	-2.1721	-0.0582	-103.58	SLE RA 5	-10320	Si
3.6	-2.5677	-0.0437	-102.46	SLE RA 5	-752	-2.5677	-0.0437	-102.46	SLE RA 5	-10495	Si
3.9	-2.9567	-0.0293	-101.35	SLE RA 5	-771	-2.9567	-0.0293	-101.35	SLE RA 5	-10667	Si

Verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni quasi permanenti

Tensione limite del calcestruzzo 14940 kN/m²
Coefficiente di omogeneizzazione impiegato 15

Quota	Mx	My	N	Comb.	σc,max	Verifica
0	0.3794	-0.0431	-61.6	SLE QP 1	-376	Si
0.3	0.687	-0.0554	-60.47	SLE QP 1	-363	Si
0.55	1.2891	-0.116	-98.96	SLE QP 1	-605	Si
0.6	1.2306	-0.1146	-98.77	SLE QP 1	-600	Si
0.66	1.1581	-0.1128	-98.54	SLE QP 1	-603	Si
0.9	0.88	-0.1059	-97.65	SLE QP 1	-616	Si
1.2	0.5294	-0.0973	-96.52	SLE QP 1	-588	Si
1.5	0.1788	-0.0886	-95.4	SLE QP 1	-557	Si
1.8	-0.1719	-0.08	-94.27	SLE QP 1	-550	Si
2.1	-0.5225	-0.0713	-93.15	SLE QP 1	-566	Si
2.4	-0.8731	-0.0627	-92.02	SLE QP 1	-582	Si
2.7	-1.2237	-0.054	-90.9	SLE QP 1	-598	Si
3	-1.5743	-0.0453	-89.77	SLE QP 1	-615	Si
3.3	-1.925	-0.0367	-88.65	SLE QP 1	-631	Si
3.6	-2.2756	-0.028	-87.52	SLE QP 1	-647	Si
3.9	-2.6204	-0.0195	-86.42	SLE QP 1	-663	Si

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni frequente

Fessurazione non presente

Verifica di apertura delle fessure nella famiglia di combinazioni quasi permanente

Fessurazione non presente

Verifiche nodi trave colonna

Verifiche dei nodi trave pilastro non presenti in quanto la verifica è non necessaria per la pilastrata.

Verifiche di gerarchia delle resistenze nei nodi trave pilastro

Verifiche di gerarchia delle resistenze nei nodi trave pilastro non presenti in quanto la verifica è non necessaria per la pilastrata
per il nodo Appoggio a quota 415 in quanto elemento di estremità superiore alla pilastrata.
per il nodo Appoggio a quota -17.5 in quanto elemento di base della pilastrata.

Significato dei simboli utilizzati:

Le unità di misura elencate sono in [m, kN, deg] ove non espressamente specificato.

***Q.inf.**: quota inferiore. [m]*
***Q.sup.**: quota superiore. [m]*
***Sezione**: sezione impiegata.*
***Esistente**: campata esistente.*
***Secondaria**: campata secondaria.*
***Dissipativa**: campata dissipativa.*
***Interna a parete**: campata adiacente ad una parete in c.a.*
***Sovraresistenza**: aliquota di sovraresistenza da assicurare in verifica.*
***Materiale CLS**: materiale calcestruzzo impiegato.*
***Materiale Acciaio**: materiale/i acciaio impiegato/i.*
***FC**: fattore di confidenza riferito al materiale CLS.*
***Posizione**: posizione della barra.*
***X**: ascissa relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]*

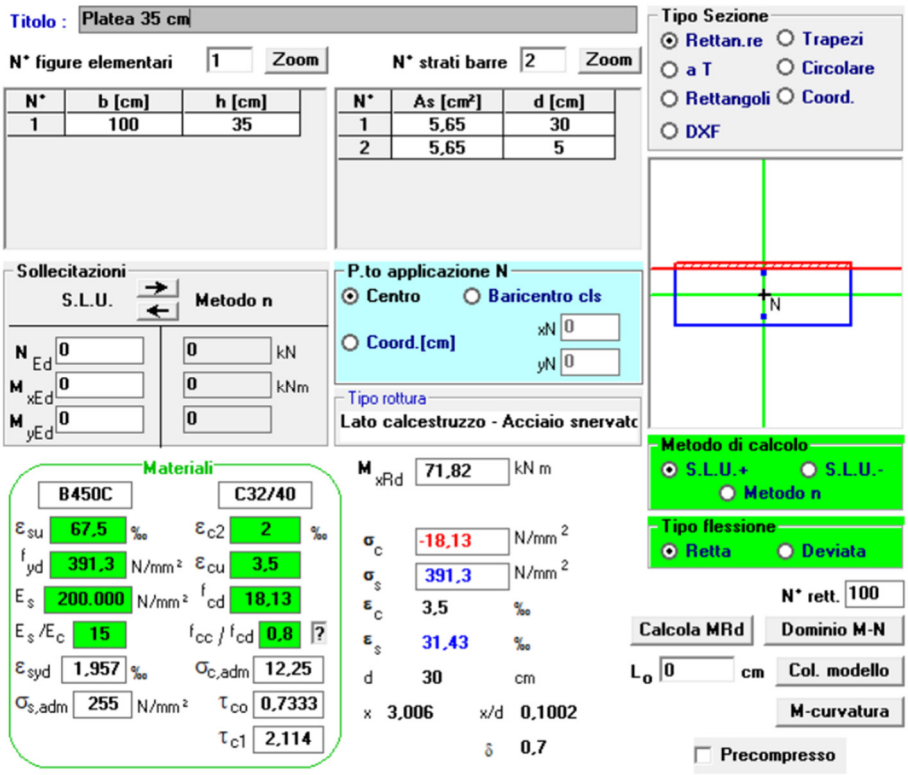
***Y**: ordinata relativa della barra rispetto al baricentro della sezione. [m]*
***Diametro**: diametro nominale della barra. [m]*
***Area**: area nominale della barra. [m²]*
***Q.inf.**: quota inferiore della barra. [m]*
***Q.sup.**: quota superiore della barra. [m]*
***Materiale**: materiale della barra.*
***Quota**: quota della sezione. [m]*
***As**: area complessiva delle armature verticali. [m²]*
%: percentuale di acciaio.
***At**: area delle armature verticali destinata alla verifica di torsione. [m²]*
***Pos.**: posizioni barre longitudinali presenti nella sezione.*
***Mx**: momento Mx. [kN·m]*
***My**: momento My. [kN·m]*
***N**: sforzo normale. [kN]*
***MRdx**: momento resistente in direzione X. [kN·m]*
***MRdy**: momento resistente in direzione Y. [kN·m]*
***Comb.**: combinazione peggiore.*
***Coeff.s.**: coefficiente di sicurezza minimo.*
***Verifica**: stato di verifica.*
***α,x**: fattore amplificativo secondo Circ. 617 02-02-2009 [C7.2.1] in direzione X.*
***α,y**: fattore amplificativo secondo Circ. 617 02-02-2009 [C7.2.1] in direzione Y.*
***Nmin**: compressione massima. [kN]*
***Nlim**: compressione limite. [kN]*
***Comb.Nmin**: combinazione in cui si ottiene la compressione massima.*
***α,n**: termine relativo alla disposizione delle armature trasversali nel piano della sezione.*
***α,s**: termine relativo al passo delle staffe.*
***α**: coefficiente di efficacia del confinamento.*
***ω,wd**: rapporto meccanico di armatura trasversale per confinamento secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2.*
***αω,wd**: coefficiente di efficacia del confinamento per rapporto meccanico di armatura trasversale per confinamento secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2.*
***v,d**: forza assiale adimensionalizzata.*
***Ac**: area del calcestruzzo confinato. [m²]*
***lim. [7.4.29]**: limite per dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
***coeff. [7.4.29]**: coefficiente dei dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
***comb. [7.4.29]**: combinazione peggiore dei dettagli costruttivi di duttilità secondo D.M. 17-01-18 NTC §7.4.6.2.2 formula [7.4.29].*
***Staffe**: staffatura presente nella sezione.*
***Direzione X**: dati della verifica a taglio in direzione X.*
***V**: taglio di verifica per la direzione considerata. [kN]*
***N**: sforzo normale per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
***Comb.**: combinazione per la verifica nella direzione considerata.*
***VRd**: resistenza a taglio del calcestruzzo non staffato per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
***VRsd**: resistenza a taglio delle staffe per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
***VRcd**: resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata. [kN]*
***Cot**: cotagente delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata.*
***c.s.**: coefficiente di sicurezza per la verifica nella direzione considerata.*
***Direzione Y**: dati della verifica a taglio in direzione Y.*
***Quota**: quota di verifica. [m]*
***Q.inf.**: quota inferiore dell'appoggio considerato per la valutazione della rotazione alla corda. [m]*
***Q.sup.**: quota superiore dell'appoggio considerato per la valutazione della rotazione alla corda. [m]*
***Dir.**: direzione di riferimento della verifica locale alla sezione.*
***Lv**: luce di taglio considerata. [m]*
***x**: altezza della zona compressa della sezione. [m]*
***h**: altezza totale della sezione. [m]*
***ρ,tot**: percentuale geometrica totale di armatura longitudinale.*
***θ,m**: rotazione massima per la combinazione considerata.*
***θ,y**: rotazione di prima plasticizzazione.*
***μΔ,pl**: parte plastica della domanda di duttilità.*
***VRcd(cotθ=1)**: resistenza a taglio delle bielle compresse per la verifica nella direzione considerata consideranto il valore di cotθ unitario. [kN]*
***Vw**: contributo dell'armatura trasversale per la resistenza a taglio [C8.7.2.9] ovvero [C8.7.2.10]. [kN]*
***VR**: resistenza a taglio in condizioni cicliche (formula [C8.7.2.8]). [kN]*
***Vu**: resistenza a taglio in condizioni sismiche. [kN]*
***VEd**: sollecitazione tagliante. [kN]*
***NEd**: sollecitazione di sforzo normale. [kN]*
***Comb.**: combinazione di riferimento.*
***Q.inf.**: quota inferiore della campata. [m]*
***Q.sup.**: quota superiore della campata. [m]*
***Luce**: lunghezza del pilastro. [m]*
***γRd**: coefficiente per gerarchia delle resistenze secondo D.M. 14-01-2008 §7.4.4.2.1.*
***MRdx,inf**: momento resistente della sezione inferiore in direzione x. [kN·m]*
***MRdy,inf**: momento resistente della sezione inferiore in direzione y. [kN·m]*
***N,inf**: sforzo normale della sezione inferiore. [kN]*
***MRdx,sup**: momento resistente della sezione superiore in direzione x. [kN·m]*

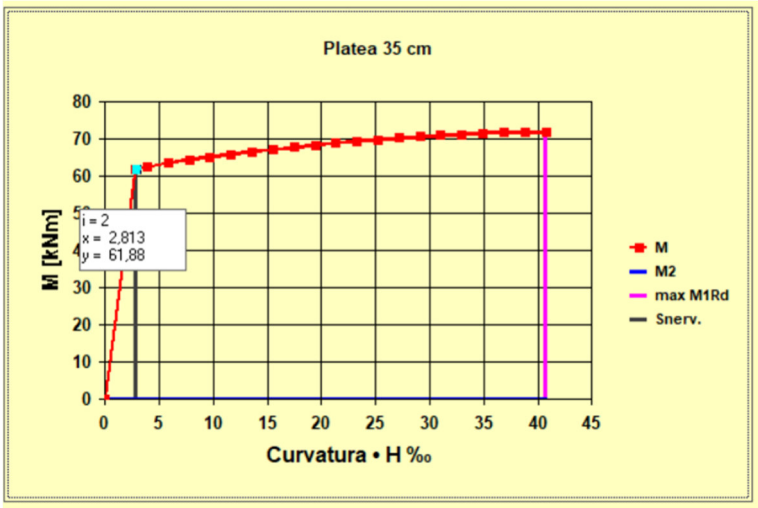
MRdy,sup: *momento resistente della sezione superiore in direzione y. [kN·m]*
N,sup: *sforzo normale della sezione superiore. [kN]*
Vpl,x: *taglio plastico in direzione x. [kN]*
Vpl,y: *taglio plastico in direzione y. [kN]*
σc,max: *tensione massima sul calcestruzzo. [kN/m²]*
σf,max: *tensione massima sull'acciaio. [kN/m²]*

11.5. Platea di fondazione

La platea di fondazione ha spessore 35 cm ed è armata con barre $\emptyset 12/20x20$ sia superiormente che inferiormente.

Si riporta di seguito la determinazione del momento resistente di un metro di platea calcolato attraverso il software VCASlu.

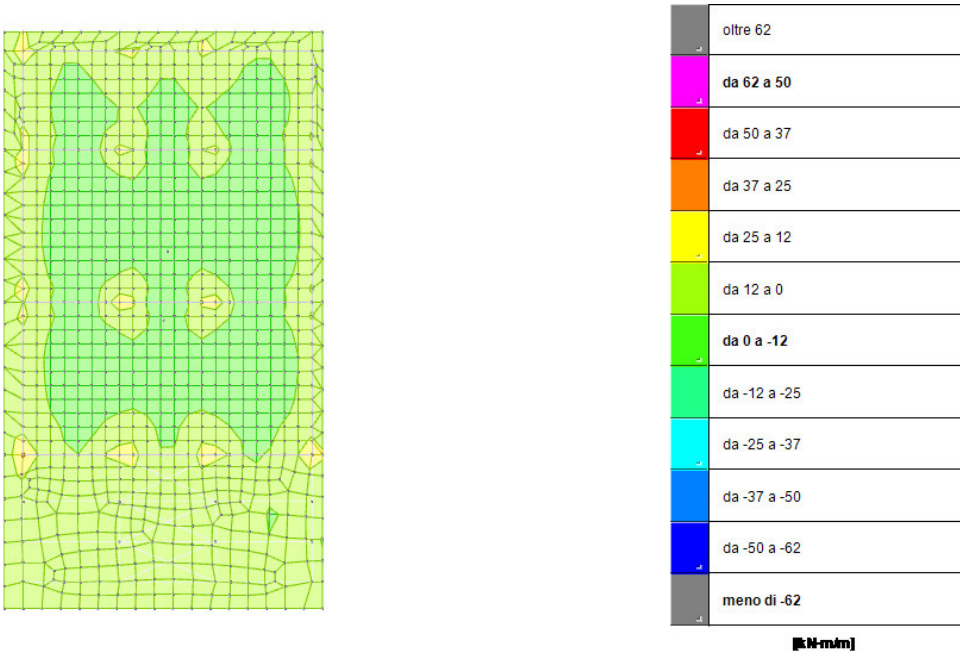




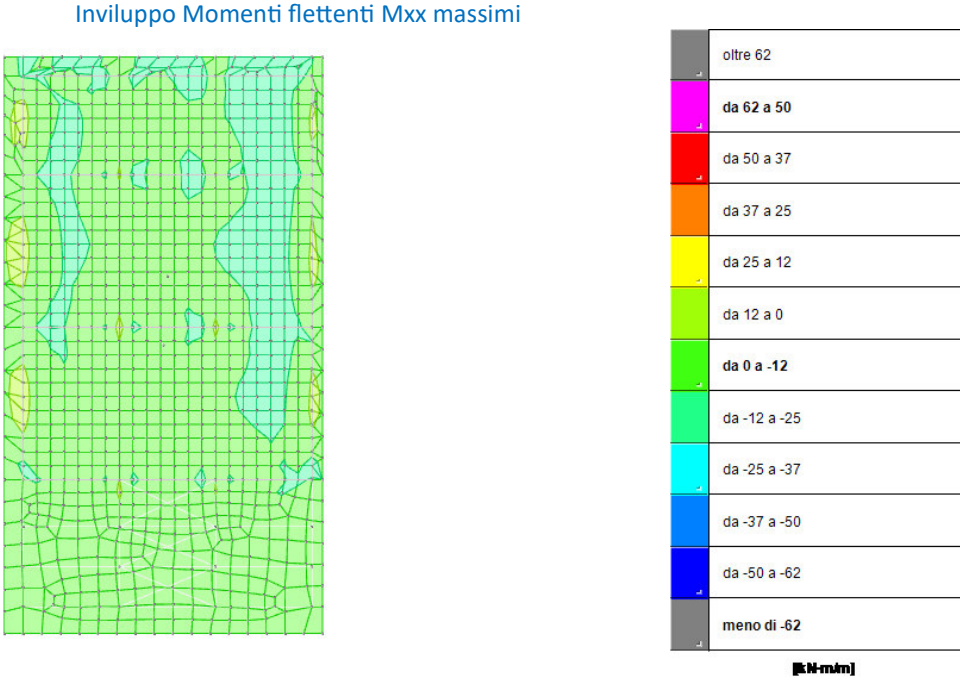
Il momento resistente in campo sostanzialmente elastico è pari a:

$$M_{Rd} = 61{,}88\ kN\ m$$

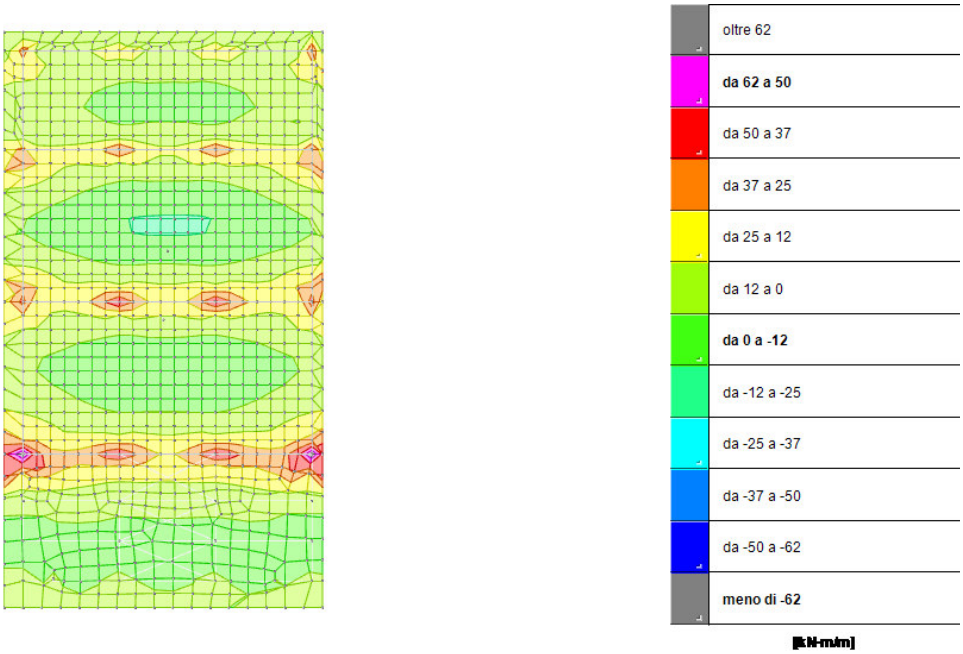
Si riportano nel seguito i grafici con i momenti flettenti agenti sulla platea nelle due diverse direzioni principali.



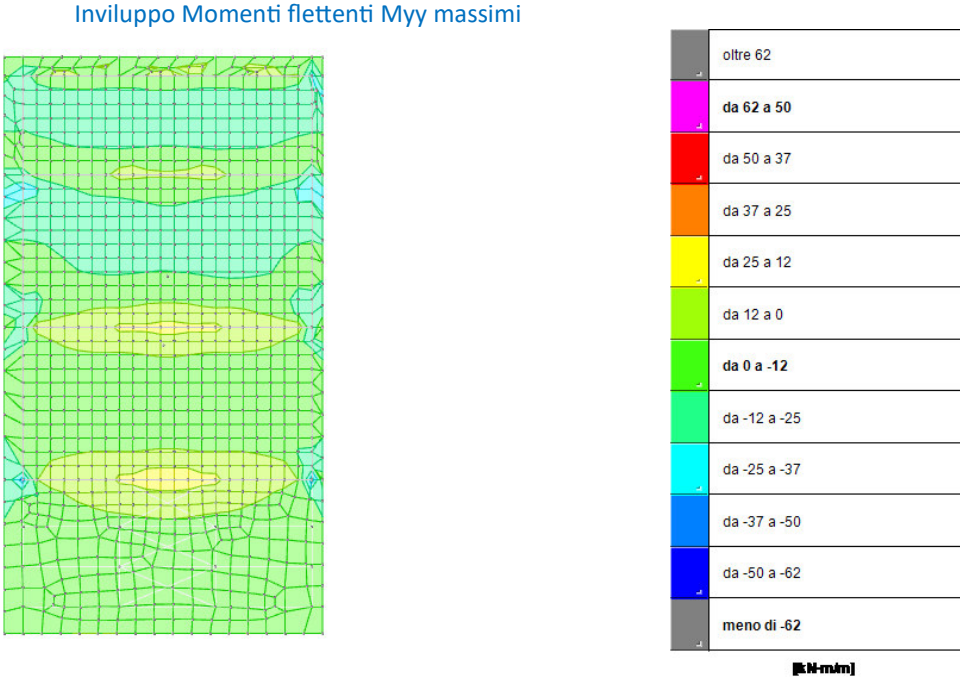
Inviluppo Momenti flettenti Mxx massimi



Inviluppo Momenti flettenti Mxx minimi



Inviluppo Momenti flettenti Myy massimi



Inviluppo Momenti flettenti Myy minimi

Dalle immagini si evidenzia come gli sforzi flessionali si mantengono al di sotto dei valori di momento resistente per tutta l'area interessata dalla platea. La verifica di resistenza è da ritenersi soddisfatta.

12. VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Tra le verifiche di deformabilità della struttura, oltre alle verifiche sulle frecce degli elementi strutturali già analizzate nei paragrafi precedenti, vanno considerate:

- Le verifiche rigidezza (spostamenti di interpiano) ai sensi del 7.3.6.1 delle NTC'18;
- Le verifiche di distanza tra edifici contigui ai sensi del 7.2.1 delle NTC'18.

12.1. Verifica spostamenti di interpiano

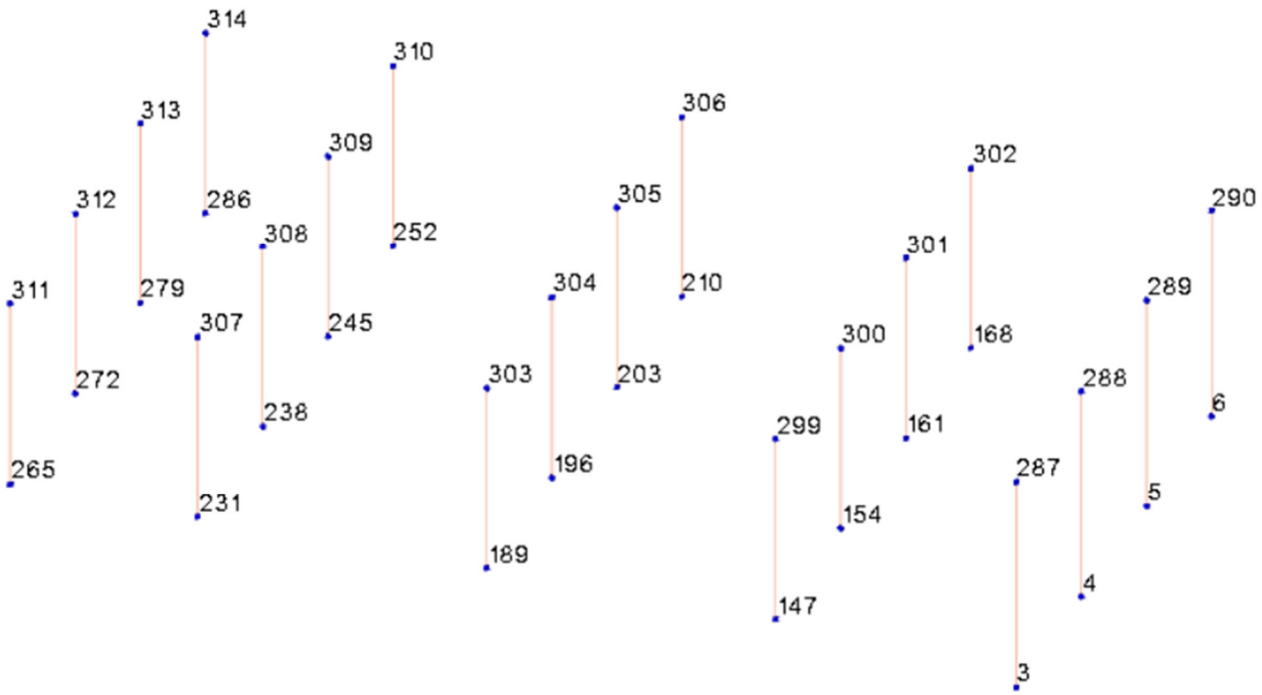
Per quanto riguarda le verifiche di rigidezza agli SLO previste dalla normativa per le strutture in classe d'uso III e IV, si procede alla verifica del rispetto degli spostamenti limite di interpiano.

Lo spostamento limite di interpiano è stato assunto pari a 0,005H in quanto la struttura presenta delle tamponature fragili.

Lo spostamento limite di interpiano viene in oltre ridotto ai 2/3 in quanto la struttura è classificata come classe d'uso IV.

Lo spostamento d'interpiano limite per verifica è quindi pari a:

$$d \leq \frac{2}{3} * 0{,}005h = 0{,}003333\ h$$



Si riportano di seguito gli spostamenti di interpiano massimi.

Comb.	Nodo inferiore			Nodo superiore			δ	h	δ/h	Ver.
	Indice	X	Y	Indice	X	Y				
1	3	0	0	287	-0.533837	-0.15592	0.556141	440	0.001264	Si
2	6	0	0	290	-0.829996	-0.209808	0.856103	440	0.001946	Si
3	6	0	0	290	-0.534662	0.160283	0.55817	440	0.001269	Si
4	3	0	0	287	-0.827106	0.214168	0.854384	440	0.001942	Si
5	125	0	0	311	-0.166685	-0.509835	0.536392	440	0.001219	Si
6	6	0	0	290	-0.326723	-0.526987	0.620051	440	0.001409	Si
7	146	0	0	314	-0.166686	0.513496	0.539873	440	0.001227	Si
8	3	0	0	287	-0.327175	0.531349	0.623999	440	0.001418	Si
9	3	0	0	287	0.326723	-0.526987	0.620051	440	0.001409	Si
10	146	0	0	314	0.166685	-0.509835	0.536392	440	0.001219	Si
11	6	0	0	290	0.327175	0.531349	0.623999	440	0.001418	Si
12	125	0	0	311	0.166686	0.513496	0.539873	440	0.001227	Si
13	3	0	0	287	0.829996	-0.209808	0.856103	440	0.001946	Si
14	6	0	0	290	0.533837	-0.15592	0.556141	440	0.001264	Si
15	6	0	0	290	0.827106	0.214168	0.854384	440	0.001942	Si
16	3	0	0	287	0.534662	0.160283	0.55817	440	0.001269	Si

Tutti gli spostamenti di interpiano risultano inferiori al valore limite di verifica.

La verifica risulta quindi soddisfatta.

12.2. Verifica distanza tra costruzioni contigue

L'edificio in oggetto si trova in adiacenza all'edificio Terminal Partenze e sono stati progettati sia staticamente che sismicamente indipendenti l'uno dall'altro. Per tale motivo le NTC'18 prescrivono la verifica che la distanza tra le strutture sia sufficiente per evitare fenomeni di martellamento dovuti al movimento reciproco tra i fabbricati soggetti a forzante sismica.

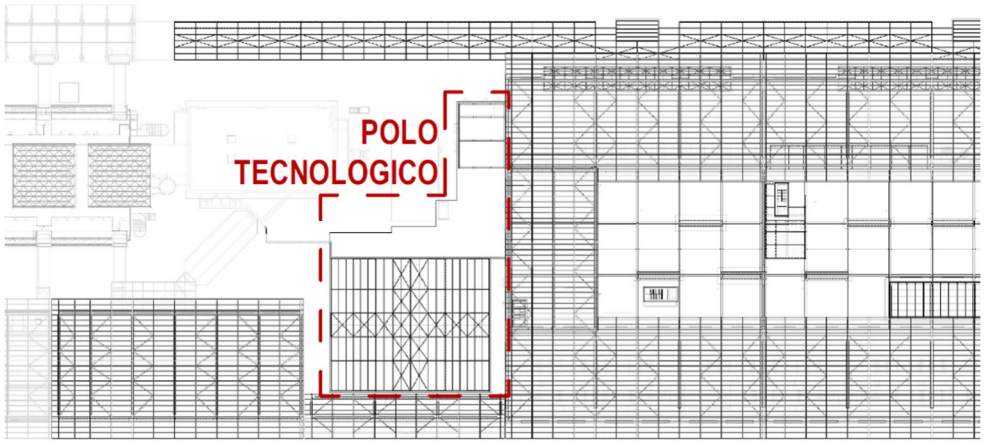
Al capitolo 7.2.1 si prescrive che la distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non può essere inferiore a:

$$d = \frac{2}{100} H \frac{a_g S}{g} \cong 5\ cm$$

Avendo assunto:

$H = 450\ cm$

$\frac{a_g}{g} = 0{,}453$

$S = 1{,}02$

Tra gli edifici è stato previsto un giunto sismico di 15 cm, ampiamente sufficiente a garantire il rispetto dei minimi da normativa.